



Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Mecatrónica

Tesis:

**Diseño de una línea de producción
automatizada para la fabricación de
pinturas aplicadas a vehículos
automotores**

Autor: Bach. Richard Gutierrez Deza

Para obtener el Título profesional de:

Ingeniero Mecatrónico

Asesor: Mg. Ing. Edward R. Sánchez Penadillo

Lima, mayo 2019

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres, mi novia
y hermanos.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, mis padres, mi novia y asesor, que con su apoyo permitieron la realización de esta tesis

RESUMEN

La tesis “Diseño de una línea de producción automatizada para la fabricación de pinturas aplicadas a vehículos automotores” en el cual el principal objetivo es el diseño de un sistema automatizado que haga que el proceso de elaboración sea funcional, seguro y ahorrador.

Este desarrollo comprende el diseño de un sistema automatizado en la cadena de llenado y mezclado de pinturas a base de tres colores primarios, cian, magenta y amarillo y en función a tres diferentes tamaños que serán seleccionados mediante una interface entre el hombre y el dispositivo de control; para ello se realizó el análisis y dimensionamiento de todos los componentes que forman parte del sistema en función a los requerimientos del proyecto, asimismo se realizó el diseño de la parte mecánica, eléctrica, electromecánica y de programación en lenguaje ladder para finalmente seleccionar los dispositivos de fuerza y control que forman parte del desarrollo de la automatización

Palabras Claves:

Automatización, electricidad, programación

ABSTRACT

The thesis "Design of an automated production line for the manufacture of paints applied to motor vehicles" in which the main objective is the design of an automated system that makes the manufacturing process functional, safe and economical.

This development includes the design of an automated system for the filling and mixing of paints based on three primary colors, cyan, magenta and yellow and based on three different sizes that will be selected through an interface between the man and the device control; For this purpose, the analysis and sizing of all the components that are part of the system were carried out based on the requirements of the project, the design of the mechanical, electrical, electromechanical and programming part in ladder language was made to finally select the force devices and control that are part of the development of automation.

Keywords:

Automation, electricity, programming

Declaración de Autenticidad y No Plagio

Por el presente documento, Yo Richard Gutierrez Deza, identificado/a con DNI N° 41821723, bachiller de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, informo que he elaborado la Tesis denominada "Diseño de una Línea de Producción Automatizada para la Fabricación de Pinturas Aplicadas a Vehículos Automotores",

para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, declaro que este trabajo ha sido desarrollado íntegramente por el/los autor/es que lo suscribe/n y afirmo que no existe plagio de ninguna naturaleza. Así mismo, dejo constancia de que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo, por lo que no se ha asumido como propias las ideas vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos como en Internet.

Así mismo, afirmo que soy responsable solidario de todo su contenido y asumo, como autor, las consecuencias ante cualquier falta, error u omisión de referencias en el documento. Sé que este compromiso de autenticidad y no plagio puede tener connotaciones éticas y legales. Por ello, en caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a lo dispuesto en las normas académicas que dictamine la Universidad Tecnológica del Perú y a lo estipulado en el Reglamento de SUNEDU.

Lima, 22 de mayo de 2019



.....
(Firma)

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
INDICE DE FIGURAS	xi
INDICE DE TABLAS	xv
INTRODUCCION	1
CAPITULO 1	
ASPECTOS GENERALES	
1.1. Definición del problema	2
1.1.1. Descripción del problema	2
1.1.2. Formulación del problema	5
1.1.3. Hipótesis	5
1.2. Definición de objetivos	6
1.2.1. Objetivos generales	6
1.2.2. Objetivos específicos	6
1.3. Alcances y limitaciones	6
1.3.1. Alcances	6
1.3.2. Limitaciones	6
1.4. Justificación y motivación	7
1.4.1. Justificación practica	7
1.4.2. Motivación	7
1.5. Metodología	8
1.5.1. Marco teórico	8
1.5.2. Desarrollo de la solución	9
a. Análisis	9
b. Diseño	9
c. Selección	9
1.6. Estudio de viabilidad	9
1.6.1. Viabilidad social	9
1.6.2. Viabilidad tecnológica	9
1.6.3. Viabilidad económica	10

CAPITULO 2:

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes	11
2.1.1. Antecedentes internacionales	11
2.1.2. Antecedentes nacionales	13
2.2. Fundamento teórico	14
2.2.1. Pintura	14
a. Componentes de las pinturas	15
a.1 Los pigmentos	15
a.2 Tipos de pigmentos	15
a.3 Las cargas:	16
a.4 Aglutinantes o formador de la película	16
a.5 Los solventes	16
b. Disolventes y diluyentes	17
b.1 Disolventes.	17
b.2 Diluyentes.	17
c. Tipos de disolventes	17
c.1 El agua:	17
c.2 Aguarrás vegetal o esencia de trementina.	17
c.3 Aguarrás mineral	18
d. Los aditivos menores	18
2.2.2. Automatización	18
a. Automatas	18
b. Ventajas y desventajas del uso de autómatas	19
c. Estructura externa	20
d. Estructura interna	20
d.1 CPU (unidad central de proceso):	20
d.2 Memoria	20
d.3 Interfaces de entrada y salida	21
d.4 Fuente de alimentación	22
2.2.3. Redes industriales	22
a. Protocolos de comunicación	23
a.1 Modbus	24
a.2 Ethernet TCP/IP	27
2.2.4. Instrumentación	29
2.2.5. Sistema de control	30

2.2.6.	Seguridad y confiabilidad de los instrumentos-----	31
2.2.7.	Equipamiento a utilizar -----	32
a.	PLC (controlador lógico programable -----	32
a.1	Selección de un PLC-----	34
a.2	Arquitectura del PLC -----	35
2.2.8.	Pantallas industriales -----	35
2.2.9.	Variadores de frecuencia -----	36
a.	Funcionamiento de los variadores -----	36
b.	Funciones principales-----	37
b.1	Aceleración controlada -----	37
b.2	Variación de velocidad-----	37
2.2.10.	Sensores -----	38
a.	Sensores de proximidad ópticos-----	38
b.	Sensor ultrasónico -----	38
c.	Sensor de peso-----	38
2.2.11.	Actuadores neumáticos -----	39
a.	Electroválvula -----	39
b.	Válvula de llenado -----	39
2.2.12.	Banda transportadora-----	40
a.	Potencia del motor de la banda transportadora -----	40
b.	Cálculo de velocidad de la banda -----	42
2.2.13.	Agitador de fluidos-----	42
2.2.14.	Cables-----	46
a.	Tipos de aislamiento -----	46
b.	Capacidad de corriente-----	47
c.	Cable de instrumentación y control -----	48
d.	Factor de corrección (kt) para instalación en tuberías-----	50
e.	Factor de corrección por temperatura(kt _a)-----	51
f.	Factor de corrección por agrupamiento(kn ₁)-----	52

CAPITULO 3:

DESARROLLO DE LA SOLUCION

3.1.	Metodología propuesta-----	56
3.1.1.	Análisis-----	56
a.	Dimensiones del área de la infraestructura-----	57
b.	Dimensionamiento de las tolvas -----	59
c.	Programación -----	61

d.	Dimensión de la faja transportadora-----	62
e.	Parámetros para el pesaje de pintura-----	65
f.	Autómata PLC (programable logic controller)-----	67
g.	Pantalla HMI-----	69
h.	Variador de frecuencia-----	70
i.	Dimensionamiento del Agitador de fluidos-----	70
j.	Cables-----	74
j.1	Cables de instrumentación-----	74
j.2	Cables de fuerza-----	74
j.3	Cálculos de cable-----	74
k.	Tableros eléctricos-----	78
l.	Potencia en la acometida-----	78
m.	Alimentación 400Vac-----	79
n.	Alimentación 230Vac-----	79
o.	Alimentación 24Vdc-----	79
p.	Plano eléctrico-----	79
q.	Diagrama P&ID-----	82
3.1.2.	Diseño-----	83
a.	Descripción del sistema-----	84
b.	Estructura del diseño-----	86
c.	Tabla de distribución-----	89
d.	Diagrama de conexión-----	92
e.	Diagrama de montaje-----	94
f.	Diagrama de control - Programación-----	96
g.	Diseño de la tolva-----	104
h.	Diseño de la faja transportadora.-----	105
i.	Diseño del sistema Scada-----	107
3.1.3.	Selección de dispositivos del sistema de control.-----	113
a.	Autómata.-----	113
a.1	Autómata PLC S7-1200 1214 Ac/Dc/Rly-----	115
a.2	Fuente de alimentación 24VDc Pm1207-----	116
a.3	Módulo sm1221 Dc (16 di), de 16 entradas:-----	117
a.4	Modulo sm1222 rly (16 Do). de 16 salidas a relé.-----	117
a.5	Módulo de entradas analógicas sm1231, 4 al.-----	118
a.6	Módulo switch compacto CSM 1277.-----	118
b.	Variador de frecuencia.-----	120

c. Sensores -----	121
c.1 Sensores ópticos -----	125
c.2 Sensor Ultrasónicos -----	127
c.3 Sensor de peso -----	129
d. Actuadores neumáticos -----	130
d.1 Electroválvula -----	130
e. Pantalla HMI -----	131
3.1.4. Características de los dispositivos de protección -----	133
a. Seta de emergencia -----	133
b. Sirena de alarma -----	135
c. Interruptor magnetotérmico -----	137
d. Diferencial -----	140
e. Motor trifásico 1.5Hp -----	143
f. Motorreductor trifásico 1 Hp. -----	144

CAPITULO 4

RESULTADOS

4.1. Resultados -----	146
4.2. Presupuesto -----	155
4.3. Cronograma de actividades -----	157

CONCLUSIONES ----- 158

BIBLIOGRAFIA ----- 160

ANEXOS ----- 163

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama de Pareto de errores en la producción -----	4
Figura 2	Velocidad en cada nivel de campo -----	23
Figura 3	Estructura lógica de los intercambios en el protocolo MODBUS. -----	26
Figura 4	Modbus: Trama genérica del mensaje según el código empleado -----	27
Figura 5	Características básicas de las redes ETHERNET -----	28
Figura 6	Ethernet: Topología en árbol -----	29
Figura 7	Control de nivel en lazo abierto y lazo cerrado-----	31
Figura 8	Acciones a tomar para mantener el nivel de seguridad-----	32
Figura 9	Autómata Programable PLC-----	33
Figura 10	Arquitectura típica de un PLC -----	35
Figura 11	Diseño y cálculo de un agitador de fluidos -----	42
Figura 12	Correlación de potencia respecto al número de Reynolds-----	45
Figura 13	Diagrama de bloques del proceso -----	55
Figura 14	Diagrama de flujo del proceso -----	61
Figura 15	Paleta de proporción de colores-----	65
Figura 16	Referencia de un contenedor de 1L de capacidad -----	71
Figura 17	Diagrama unifilar del ingreso de la línea trifásica de la red-----	80
Figura 18	Diagrama unifilar de conexiónado del motor de la faja transportadora y el variador de frecuencia a la red trifásica interna-----	81
Figura 19	Diagrama unifilar de conexión del Autómata a la derivación monofásica de la red -----	82
Figura 20	Diagrama P&ID de lazo de control de flujo -----	83
Figura 21	Representación gráfica de la planta-----	88
Figura 22	Equipamiento de automatización -----	91
Figura 23	Módulo de comunicación -----	92
Figura 24	Alimentación de PLC en tablero de control-----	93
Figura 25	Tablero de control parte interior -----	94
Figura 26	Tablero de control, parte exterior -----	96

Figura 27	Normalizado y escalado de las entrada analógicas-----	97
Figura 28	Apertura de la electroválvula de la tolva de color Cian -----	97
Figura 29	Apertura de la electroválvula de la tolva de color Magenta-----	98
Figura 30	Porcentaje de colores primarios que intervienen en la formación de un color preestablecido-----	99
Figura 31	Selección manual del tipo de color, tamaño y cantidad-----	100
Figura 32	Informe de nivel de tanques -----	101
Figura 33	Accionamiento del variador de frecuencia-----	103
Figura 34	Inicio de proceso-----	104
Figura 35	Diagrama de tolva de 5000 L-----	105
Figura 36	Diseño de faja transportadora-----	106
Figura 37	Configuración de HMI KTP 1000 Basic PN enlace a PLC -----	107
Figura 38	Conexión de HMI a PLC S7-1200 -----	107
Figura 39	Menú principal en el sistema Scada-----	108
Figura 40	Pantalla de selección de color -----	109
Figura 41	Pantalla de selección de tamaño de envase-----	109
Figura 42	Proceso de producción de la pintura-----	110
Figura 43	Selección de cantidades de colores primarios para mezcla de color no preestablecido-----	110
Figura 44	Selección de velocidades para su correcta producción-----	111
Figura 45	Reajustes de pantalla -----	112
Figura 46	Representación en pantalla HMI del nivel de los tanques -----	113
Figura 47	Pantalla de acuse de alarmas-----	113
Figura 48	Autómata PLC s7-1200 1214 AC/DC/RLY -----	115
Figura 49	Módulo de voltaje 24DC -----	116
Figura 50	Módulo Sm1221 Dc (16 Di), De 16 Entradas -----	117
Figura 51	Modulo sm1222 rly (16 Do). de 16 salidas a relé-----	117
Figura 52	Modulo analógico SM1231, 4AI-----	118
Figura 53	Módulo switch compacto CSM 1277 -----	118
Figura 54	Topología de bus con el CSM 1277 -----	119
Figura 55	Topología de las estrellas con el CSM 1277-----	119
Figura 56	Variador de frecuencia Sinamics G120 -----	123
Figura 57	Sensor óptico Siemens 3RG74 00–7AB00-----	126
Figura 58	Esquema de funcionamiento del sensor óptico -----	126
Figura 59	Sensor ultrasónico Siemens 3RG6015–3AF00 -----	128
Figura 60	Célula de carga Siwarex WL260 SP-S AC -----	129

Figura 61	Electroválvula MFH-5-1/4-6211 FESTO -----	131
Figura 62	Características técnicas del Simatic HMI KTP 1000-----	133
Figura 63	Seta de emergencia Siemens 3SU1100-1HA20-1CH0-----	135
Figura 64	Alarma Patlite RFV-24 -----	136
Figura 65	Interruptor Magnetotérmico 4P/40A/10 kA, Curva D-----	138
Figura 66	Interruptor Magnetotérmico 2P/10A/10 kA, Curva C -----	139
Figura 67	Diferencial 4P/25A/30mA. Clase AC -----	141
Figura 68	Diferenciales 2P/25A/30mA. clase AC-----	142
Figura 69	Motor trifásico de 1.5Hp-----	144
Figura 70	Motorreductor trifásico de 1 Hp-----	145
Figura 71	Tolva de 5000L-----	146
Figura 72	Diseño del tablero de control-----	147
Figura 73	Autómata PLC S71200 – 1214AC/DC/RLY -----	148
Figura 74	Pantalla Hmi KTP1000NP -----	149
Figura 75	Variador de frecuencia Sinamics G120 -----	149
Figura 76	Motorreductor trifásico de 1 Hp 2KJ1500-1CH13-1AD1-----	150
Figura 77	Motor trifásico de 1.5Hp Siemens RGZE -----	151
Figura 78	Programación en lenguaje ladder.-----	152
Figura 79	Plataforma de interface hombre – maquina -----	152
Figura 80	Plano eléctrico de control de motores -----	152
Figura 81	Plano eléctrico del tablero de control.-----	153
Figura 82	Diagrama P&ID-----	154
Figura 83	Creación de proyecto en plataforma Tia Portal V13 - paso 1 -----	166
Figura 84	Creación de proyecto en plataforma Tia Portal V13 - paso 2 -----	166
Figura 85	Creación de proyecto en plataforma Tia Portal V13 - paso 3 -----	167
Figura 86	Creación de proyecto en plataforma Tia Portal V13 - paso 4 -----	167
Figura 87	Configuración de dispositivos -----	168
Figura 88	Asignación de dirección de red IPv4 -----	168
Figura 89	Activación de marcas de ciclo del sistema -----	169
Figura 90	Asignación de direcciones flexibles a entradas y salidas -----	169
Figura 91	Pantalla de acuse de alarmas-----	170
Figura 92	Historial de alarmas producidas -----	170
Figura 93	Representación en pantalla HMI del nivel de los tanques -----	171
Figura 94	Configuración de portal Profinet-----	171
Figura 95	Vista topológica de dispositivos conectados en red Profinet -----	172
Figura 96	Configuración de intercambio de datos del variador G120 -----	172

Figura 97	Direccionamiento del variador G120 -----	173
Figura 98	Configuración de HMI KTP 1000 Basic PN enlace a PLC -----	175
Figura 99	Conexión de HMI a PLC S7-1200 -----	175
Figura 100	Menú principal en pantalla HMI-----	176
Figura 101	Pantalla de selección de color -----	176
Figura 102	Pantalla de selección de tamaño de envase-----	177
Figura 103	Proceso de producción de la pintura-----	177
Figura 104	Reajustes de pantalla -----	178
Figura 105	Selección de cantidades de colores primarios para mezcla de color no prestablecido -----	178
Figura 106	Selección de velocidades para su correcta producción-----	179

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Errores en la producción durante un periodo de siete días-----	3
Tabla 2	Velocidades en cada medio físico -----	25
Tabla 3	Valores para F (Rodamientos antifricción) -----	41
Tabla 4	Valor de Q normal, para determinar el factor de Fy -----	41
Tabla 5	Semejanzas geométricas -----	43
Tabla 6	Capacidad de corriente en A de conductores aislados unipolares -----	47
Tabla 7	Capacidad de corriente en A de conductores aislados al aire libre -----	48
Tabla 8	Capacidad de corriente en A de conductores con aislamiento PVC -----	49
Tabla 9	Capacidad de corriente en A de conductores con aislamiento XLPE.-----	50
Tabla 10	Factores de corrección por temperatura -----	51
Tabla 11	Factores de corrección por agrupamiento-----	52
Tabla 12	Alternating-Current Resistance and Reactance for 600-Volt Cables-----	54
Tabla 13	Metodología de desarrollo de solución de la tesis-----	56
Tabla 14	Coeficiente de dimensionamiento K-----	57
Tabla 15	Cuadro de resumen – Entradas digitales -----	67
Tabla 16	Cuadro de resumen – Salidas digitales -----	68
Tabla 17	Información inicial para el planteamiento de un agitador de fluidos-----	71
Tabla 18	Listado de señales cableadas al PLC.-----	90
Tabla 19	Tabla de comparación para la selección del controlador-----	114
Tabla 20	Datos técnicos de PLC s7 1200 1214 AC/DC/RLY -----	116
Tabla 21	Evaluación cuantitativa de las marcas para selección del variador -----	120
Tabla 22	Resumen de las características cuantitativas para la selección de un variador de frecuencia. -----	121
Tabla 23	Referencia para la evaluación de los sensores de proximidad -----	124
Tabla 24	Características cuantitativas para la selección del sensor de posición-----	124
Tabla 25	Características cuantitativas para la selección del sensor óptico-----	125
Tabla 26	Características cuantitativas para la selección del sensor ultrasónico-----	127
Tabla 27	Características cuantitativas para la selección de la celda de carga-----	129
Tabla 28	Características cuantitativas para la selección de electroválvula -----	130
Tabla 29	Criterio cuantitativo para selección de interface Hombre-Maquina -----	132
Tabla 30	Criterio cuantitativo para selección del pulsador de paro de emergencia---	134
Tabla 31	Criterio cuantitativo para selección del avisador acústico lumínico-----	136
Tabla 32	Criterio cuantitativo para selección del interruptor electromagnético de trifásico -----	137

Tabla 33	Criterio cuantitativo para selección del interruptor electromagnético de monofásico-----	138
Tabla 34	Criterio cuantitativo para selección del disyuntor electromagnético de 4 polos-----	139
Tabla 35	Criterio cuantitativo para selección del disyuntor electromagnético de 2 polos-----	141
Tabla 36	Criterio cuantitativo para selección del motor correspondiente al agitador de fluidos-----	142
Tabla 37	Criterio cuantitativo para selección del motor correspondiente a la faja transportadora-----	143
Tabla 38	Listado de entradas del proceso en el Autómata 1214 AC/DC/RLY, 214 1BG40-0X0B-----	161
Tabla 39	Asignación de salidas del sistema-----	162
Tabla 40	Asignación de marcas del sistema-----	163
Tabla 41	Palabras de control de variador G120-----	172
Tabla 42	Ficha Técnica módulo de voltaje PM1207-----	187
Tabla 43	Características del módulo SM1231 4I-----	188
Tabla 44	Ficha técnica del Módulo switch compacto CSM 1277-----	189
Tabla 45	Ficha técnica del Sensor óptico Siemens 3RG74 00-7AB00.-----	190

INTRODUCCION

En el Perú, la mayoría de empresas en crecimiento, realizan el proceso de fabricación de pinturas de forma manual, ocasionando retrasos en la producción, pérdida de la calidad del producto, deterioro del proceso y de la planta. Es ya sabido que, en la actualidad existen equipos o dispositivos que mejoran los tiempos, la calidad y el rendimiento de un proceso cual quiera que sea. El interés que motiva a este trabajo, es plantear y promover el recurso de los sistemas eléctricos, mecánicos, electrónicos o electro-mecánicos, como posible alternativa mediante un control automatizado, para poder reducir los tiempos de producción, costes energéticos e incrementar la eficiencia del proceso de fabricación de pinturas para su aplicación en vehículos automotores. Asimismo, evitar la mano de obra en las labores de carga, traslado, llenado y posterior mezclado de la pintura, ya que son etapas donde se demanda mucho tiempo, esfuerzo y precisión. Ya es de conocimiento que esta tecnología está siendo aplicada a muchas industrias grandes o pequeñas, donde se puede apreciar una notable mejora en la producción, la disminución de tiempos y la reducción de trabajo al emplearlos para evitar desgaste físico del obrero. Este proyecto, está diseñado para optimizar y mejorar la eficiencia de la producción en las pequeñas y medianas empresas.

CAPITULO 1

ASPECTOS GENERALES

1.1. Definición del problema

1.1.1. Descripción del problema

La tecnología se va desarrollando rápidamente en todas las áreas, no siendo ajena a la fabricación de pinturas; debido al desconocimiento o al uso continuo de antiguas tecnologías, hoy en día, se hace necesario la actualización de éstas por medio de equipos electromecánicos, eléctricos, electrónicos y de automatización que cuenten con nuevas prestaciones que den la posibilidad de ser supervisados de forma remota y contar con una mejor gestión de la energía.

En relación con esta problemática diremos que, en la línea de producción de la pintura se ven defectos y demoras debido a:

- La falta de capacitación periódicas a los operarios para manipular los equipos de la empresa, son causales de errores que se dan al momento de la producción de la pintura, es por ello que, a la hora de fabricación del producto no tienen la capacidad necesaria para realizar dicha tarea.
- La carencia de metodología y planificación en la demanda de materiales o materia prima, ocasiona retrasos en la producción. Así mismo la falta de normativas en los controles ocasiona que se generen errores en la producción.

- La ausencia de instrumentos de medición de los productos, hace que los operarios realicen estas actividades por pericia y esto genera la demora en la elaboración de las pinturas.
- El empleo de maquinarias obsoletas provoca que al producto le genere “aire” y con ello distorsione el peso por galón, lo que obliga hacer un reajuste con dispersantes, ocasionando el incremento del costo del producto y una baja productividad en cuanto a maquinarias.
- La ausencia de un inventario genera que los operarios obtén por coger insumos que están a simple vista mas no insumos más antiguos provocando que la materia prima con tiempo de almacenamiento prolongado se deteriore ocasionando de esta manera perdidas.

Tabla 1.

Errores en la producción durante un periodo de siete días.

ERRORES	NUMERO DE VECES
Error de surtido de materia prima	17
Mal control calidad y desarrollo	2
Error al matizar	12
Exceso de aire	14
Errores en el proceso	9
Cambio de materia prima	2
Problema de formulación	4
Falta de mantenimiento	5
Falta de limpieza del equipo	4
Materia prima	18

Fuente: Elaboración propia

La producción de pintura tiene varias etapas las cuales, si no se cumplen de forma adecuada como no surtir la materia prima de forma correcta o no darle el tiempo requerido como indica el procedimiento se tendrá que realizar un reproceso.

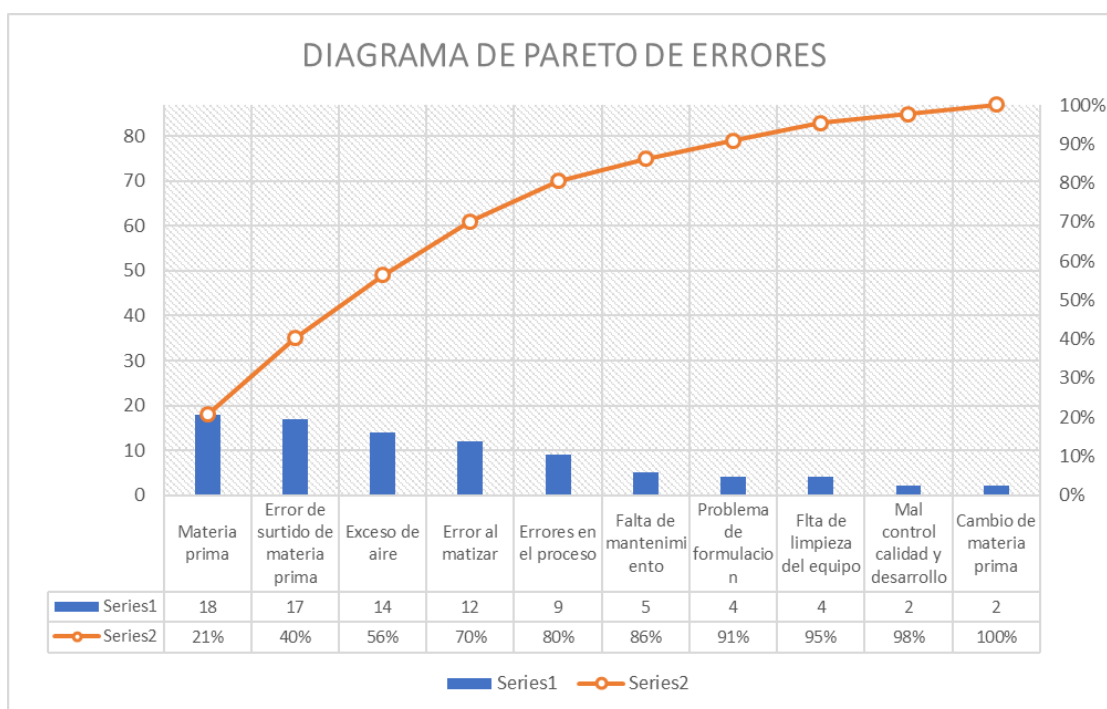


Figura 1. Diagrama de Pareto de errores en la producción.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 1 nos muestra un resultado donde indica 5 puntos donde se están incurriendo en errores que afectan considerablemente la producción de pintura:

- **Materia prima:**
Al no tener un eficiente control de calidad en los pigmentos se produce una variación de tonalidad, por tal motivo la producción es rechazada por desviación de la tonalidad
- **Error de surtido de materia prima:**
Al no contar con un óptimo control en el pesado de la materia prima, se producen errores como variaciones en la viscosidad o volumen fuera de rango.

- Exceso del Aire:

El exceso de aire es producido por maquinaria que cuenta con un solo nivel de velocidad el cual genera aire en el producto llegando a obtener volúmenes fuera del rango.

- Error al matizar:

El matizado es una de las etapas más importantes del proceso, donde se va a conseguir el color requerido, los errores en esta etapa del proceso podrían variar la tonalidad de la pintura comprometiendo el lote producido, llegando a ocasionar cuantiosas pérdidas económicas, por tal motivo se producen los rechazos en el control de calidad de los pigmentos.

- Errores en el proceso:

- Esperas debido a los tiempos muertos, tanto del personal que se mantiene pasivo, de la maquinaria en mal estado o tener que esperar a recibir más material.
- Movimientos innecesarios del operador o maquinaria que no añadan valor a la producción es considerado como despilfarro.
- Desaprovechamiento del talento humano.
- Falta de inspección en la calidad de la materia prima.

1.1.2. Formulación del problema.

Habiendo identificado en la planta de fabricación de pinturas la falta de conocimientos técnicos y carencia de equipamientos para la manufactura de pinturas aplicadas a vehículos automotores.

¿Se podrá diseñar una línea de producción automatizada para la fabricación de pinturas aplicadas a vehículos automotores?

1.1.3. Hipótesis

La aplicación del diseño de una línea de producción automatizada mejora la manufactura de pinturas aplicadas a vehículos automotores.

1.2. Definición de objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Diseñar una línea de producción automatizada para la fabricación de pinturas aplicadas a vehículos automotores.

1.2.2. Objetivos específicos

- Establecer los parámetros y rangos que intervienen en el diseño de una línea de producción de pinturas aplicada a vehículos automotores
- Describir la secuencia del proceso de fabricación de pinturas aplicadas a vehículos automotores.
- Seleccionar los equipos de adquisición de datos, actuadores, autómata y software de automatización y tablero de control eléctrico.
- Seleccionar los componentes que interviene en el tablero de control eléctrico del automatismo que realiza las funciones de línea de fuerza, control y de campo.

1.3. Alcance y limitaciones

1.3.1. Alcance

Se realizó una solución automatizada para la fabricación de pinturas aplicadas a vehículos automotores para lo cual se desarrollaron planos eléctricos, diagrama de flujo, programación despectiva, dimensionamiento de una banda transportadora, dimensionamiento de un agitador, diseño de un tablero de control, plano de conexionado de sensores y actuadores, con la finalidad de mejorar los tiempos de producción y disminuir los errores atribuidos al operador en las diferentes etapas de fabricación.

1.3.2. Limitaciones

El proyecto solo quedo en la fase de diseño debido a que implementarlo demanda una inversión de \$ 9,903.96 dólares americanos.

El diseño está basado en la producción exclusiva de pinturas aplicadas a vehículos automotores.

Con esas contemplaciones se llevará a cabo los siguientes trabajos antes mencionados en los objetivos específicos.

1.4. Justificación y motivación

1.4.1. Justificación practica

El presente trabajo, brinda una alternativa de solución a los errores atribuidos al operario en el proceso de producción de pinturas para la industria automotriz.

Para ello, se propone el diseño de un sistema automatizado para la fabricación de pinturas de vehículos automotores, debido a que la automatización reduce tiempos de producción, disminuye las mermas, detecta la calidad del insumo, reduce los errores atribuidos al operario y permite producir los volúmenes de pintura requerido por las unidades a pintar en el tiempo establecido.

En cuanto a lo social, se presenta una propuesta de diseño de una línea que puede ser implementada localmente, a precios bajos y de acuerdo al volumen requerido por la planta de pintado.

En lo científico, se deja una propuesta de diseño como base para una planta de pintura, el cual puede ser mejorado en futuros desarrollos.

En el orden personal, me he permitido enfrentar las necesidades actuales de automatización, con los conocimientos adquiridos en la Universidad Tecnológica del Perú.

1.4.2. Motivación

La presente tesis brinda los beneficios, que se obtienen al incorporar nuevas tecnologías a la planta de producción de pinturas aplicadas a vehículos automotores, siendo esto parte de una mejora continua que se debería seguir en todos los procesos que involucran el Core de la empresa.

1.5. Metodología

Se establecieron métodos apropiados para desarrollar los objetivos de esta tesis, para de esta manera diseñar el automatismo de una línea de producción.

La siguiente es la metodología seguida para el cumplimiento de los objetivos:

- Se tuvo conocimiento de las diferentes etapas que intervienen en la elaboración de la pintura y se determinó la importancia que tienen en el proceso de producción.
- Se determinaron los errores y carencias que existen en las etapas de producción.
- Se definieron las variables y rangos de control.
- Se hizo un análisis y posterior selección los dispositivos de control, adquisición de datos y actuadores que permitirán manipular el flujo de las materias primas y realizar el control lógico secuencial del proceso
- Se hizo un análisis de las características de diversos protocolos y buses de comunicación para seleccionar el que más se adapte al requerimiento de nuestro sistema.
- Se investigo las características de diversas plataformas que permitan la fácil programación de los dispositivos de control.
- Se investigo y estableció las características de las diversas pantallas HMI para seleccionar el más adecuado.
- Se realizaron conclusiones.

1.5.1. Marco teórico

En esta etapa se estudió la información teórica necesaria sobre pinturas aplicadas a vehículos automotores, producción, instrumentación, automatización y equipamientos que serán utilizados en la presente tesis.

1.5.2. Desarrollo de la solución

Viene a ser la parte más importante de la tesis con el cual se buscará alcanzar los resultados indicados en los objetivos. Esta a su vez se divide en tres, las cuales se desarrollarán a continuación

a. Análisis

Se llevo a cabo un estudio general de los requerimientos necesarios para la elaboración del diseño y posterior implementación. Es aquí donde se reúne toda la información del proceso de producción de la pintura aplicada a vehículos automotores para luego hacer las propuestas de mejora.

b. Diseño

En esta etapa se desarrolla toda la información obtenida en el proceso de análisis, arrojando como resultado una serie de documentos (planos, memorias y un plan de trabajo) que serán de gran importancia para una posterior implementación.

c. Selección

En esta etapa se van a elegir todos los dispositivos: eléctricos, electrónicos, electromecánicos, mecánicos y de control necesarios para la implementación, valiéndose de la documentación entregada en la etapa de diseño.

1.6. Estudio de viabilidad.

1.6.1. Viabilidad social

En cuanto a lo social, se presenta una propuesta de diseño de una línea que puede ser implementada localmente, a precios bajos y con producción variable en función al volumen requerido por la planta de pintado.

1.6.2. Viabilidad tecnológica

Hoy en día existe en el mercado una gran variedad de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos que dan soporte necesario para implementar un sistema

automatizado, este contexto es un paso adelante en el desarrollo del proyecto. Los componentes físicos y lenguajes de programación cubren las especificaciones que se requerirán para el buen funcionamiento del sistema.

1.6.3. Viabilidad Económica

Económicamente el proyecto en mención, tiene la aprobación de reconocidos ingenieros en automatización y mantenimiento a nivel nacional, quienes optarían por invertir en un producto seguro y confiable cuyo resultado de esta inversión sea darle rentabilidad a la pequeña industria con niveles bajos de producción de merma en su proceso, para así poder competir con los mejores estándares de calidad y tener un acabado de alto nivel.

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

Seguidamente se describen los últimos trabajos relacionadas con el trabajo de investigación:

2.1.1. Antecedentes internacionales

Salazar J. (2015). *Diseño del sistema de automatización de la fabricación de pinturas y del sistema para la transferencia fiscal del látex en la fábrica Pintec de Guayaquil* (tesis de posgrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

Se hizo un estudio del proceso de producción de pinturas, encontrando una serie de deficiencias para las cuales se planteó controlar con exactitud el llenado de los tanques de preparación de pinturas según las recetas establecidas para la fabricación.

Los dispositivos requeridos para lo propuesto fue la instalación del autómata S7-1200, sensores, actuadores entre otros aparatos electrónicos programables.

Finalmente se obtuvo como resultado: el aumento de la calidad de la pintura producida debido a la exactitud en la medición del volumen de agua, látex y

aditivo básico, así mismo en la composición de cada tipo de pintura según su receta.

Instalación de un sistema automatizado de pintura en una fábrica de armarios eléctricos. (Salazar, 2015).

Belmar R. (2012), *Instalación de un sistema automatizado de pintura en una fábrica de armarios eléctricos* (tesis de pregrado). Universidad Carlos III, Madrid, España.

Les surge la necesidad de optimizar la producción de pintura y galvanizado de piezas que en su mayor parte del proceso (armado, galvanizado, pintado y traslado) se desarrolla de forma manual. Por tal razón plantearon como solución la automatización, que en su mayoría está compuesta por elementos de control como autómatas o PLCs, sistema interfaz HMI, sensores, actuadores y un bus de comunicación entre todos los elementos del sistema. El proceso comienza cuando le suministran a la banda transportadora un armario totalmente ensamblado, el cual lo transporta hasta la zona de galvanizado. El puente de grúa es el encargado de levantarlo y pasarlo por los tres baños requeridos para su protección. Finalizado el proceso de galvanizado, la grúa traslada el armario a la zona de pintura, donde se le aplicará la primera capa protectora o también llamado proceso de imprimación, para luego aplicar la pintura finalizando con el secado en los hornos. Al final del proceso son trasladados hacia la zona de transporte y envío. (Belmar, 2012).

Pérez A. (2009), *El ahorro de energía con un variador de frecuencia y las diferentes aplicaciones, en la industria con equipo Mitsubishi* (tesis de pregrado).
Universidad de San Carlos, Guatemala, Guatemala.

El presente trabajo demuestra los ahorros energéticos que se producen al utilizar un variador de velocidad en las diferentes aplicaciones en el que se ocupar un motor eléctrico. Donde demuestra que, usando el variador de frecuencia, este ahorra energía entre el 30 y 50% si está en el patrón de torque constante, asimismo si está en el patrón de torque variable, incrementa un poco más el ahorro de 3 a 5%. (Pérez, 2009).

2.1.2. Antecedentes nacionales

Segura C. (2018), *Diseño de un sistema de supervisión y control para automatizar la etiquetadora de botellas de una línea de envasado de cerveza* (tesis de pregrado), Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.

El presente trabajo demuestra la reducción de un 10% en el tiempo utilizado para solución de problemas por fallas asociadas al operador, equivalente a 0.5h a consecuencia de la automatización de la máquina. Demostró que la automatización de la máquina incrementa el tiempo de producción en la línea, pudiendo recuperar la inversión en un tiempo reducido. (Segura, 2018).

Arbieto J. (2017), *Automatización de un sistema de mezclado de pintura mediante el PLC Siemens Logo 230RC, como alternativa para reducir los tiempos muertos originados por el actual proceso manual* (tesis de pregrado), Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima, Perú.

El presente trabajo identifica los elementos de entrada y salida que intervienen en el desarrollo de mezcla de pinturas, con la finalidad de establecer una relación de dependencia a través de la conexión con el Controlador Lógico Programable Siemens LOGO 230RC, siendo posible desarrollar el automatismo del proceso de mezclado de pintura mediante la programación del Controlador Lógico Programable. Se demostró la posibilidad de reducir los tiempos muertos originados, por realizar en forma manual el proceso de mezcla de pintura en la Empresa Hach SAC, en 49 minutos, representado en un 84.48%, mediante la aplicación del controlador lógico programable Siemens LOGO 230RC. (Arbieto, 2017).

Gómez D. (2009), *Configuración del Variador de Frecuencia para reducir el alto consumo de energía en el sistema de Izaje de la empresa Mundo Perú Gold S.A.C.* (tesis de pregrado), Universidad Nacional del Centro del Perú, Junín, Perú.

El presente trabajo demuestra los ahorros energéticos que se producen al configurar un variador de velocidad para el Izaje de la empresa mundo Perú. Donde demuestra que, usando el variador de frecuencia, se obtiene un ahorro de energía en un 2% en una hora a 60Hz. (Gómez, 2009).

2.2. Fundamento teórico

2.2.1. Pinturas

Es la unión de dos o más componentes, coloreadas con diversos matices de colores, una vez aplicadas a la superficie de cualquier material pasa de un estado líquido a sólido, formando una capa que ofrece protección. Estas pinturas la mayoría de veces, acostumbran tener un acabado brillante, satinado o mate. Dada su importancia, ha llegado a ser uno de los materiales indispensables para

la industria, es por ello que es empleada para preservar cualquier tipo de superficie contra la corrosión, humedad u otro factor ambiental, asimismo su textura brinda un mejor aspecto a la superficie a la cual se emplea. (Cadenillas, Elías, Díaz y Quiroz, 2014, p. 2).

a. Componentes de las pinturas.

El pigmento sólido y el aglutinante son parte de la estructura de las pinturas, dispersándose entre ambos.

Por lo general los elementos usados para la producción de pinturas se agrupan en: pigmentos, cargas, solventes, aglutinantes y aditivos menores. Cadenillas (2014) afirma: “Las pinturas están constituidas por un pigmento sólido y el aglutinante o vehículo líquido, formando ambos una dispersión”(p. 2).

a.1 Los pigmentos.

Son aquellos compuestos que le dan color a la pintura, de consistencia sólida, hasta finamente pulverizados, insolubles en el aglutinante. Presentan la capacidad de recubrir las superficies frente a las condiciones ambientales y su resistencia a la luz del sol, dependen de la proporción que se usa en la fórmula de pintura. (Cadenillas, et al, 2014, p. 2)

a.2 Tipos de pigmentos:

En la producción de pinturas encontramos con mayor frecuencia el uso de pigmentos que tienen compuestos en su mayoría de origen orgánico o inorgánico.

Los pigmentos orgánicos a través del tiempo son cada vez menos utilizados debido el ascendiente uso de los pigmentos inorgánicos.

Los pigmentos más utilizados son los obtenidos de forma industrial, solo algunos son productos naturales: óxido de hierro, ocre y sulfato de bario. Cadenillas (2014) afirma: “Entre los pigmentos más utilizados en la fabricación de pinturas se encuentran variados compuestos de origen orgánico (vegetales o animales) o inorgánicos minerales y sintéticos. Los primeros son cada vez menos usados ante el predominio de los pigmentos inorgánicos” (p. 3).

a.3 Las cargas:

Son productos pulverulentos, de origen mineral o de origen sintético. No otorgan per se color ni opacidad, sin embargo, ayudan a dar consistencia a la pintura, asimismo a obtener diferentes características. Poseen funciones como propagación del pigmento, reducir el importe del pigmento, incrementar la resistencia mecánica, etc. (Cadenillas, et al., 2014, p.3).

a.4 Aglutinantes o formador de la película

Es una sustancia ligante orgánica que comprenden las resinas naturales, los aceites secantes, el almidón, y resinas sintéticas, quienes transportan a los pigmentos y cuando se secan, mantienen unidos entre sí a las partículas de color, impidiendo que se desprenda la pintura de la superficie sobre la que fue aplicada. (Cadenillas, et al., 2014, p.3).

a.5 Los solventes

Son sustancias líquidas, cuya función es mantener a la pintura en estado líquido durante todo su proceso y recorrido, brindando fluidez durante su aplicación y evaporándose al final.

Son importantes en la aplicación de la pintura, para que se amolde a la forma y contorno de las superficies a pintar, para que la pintura sea acuosa y penetre en los poros de las superficies, para colocar la viscosidad de las pinturas en el punto óptimo, de acuerdo al método y las circunstancias atmosféricas durante la aplicación. (Cadenillas, et al., 2014, p.4).

b. Disolventes y diluyentes

b.1 Disolventes.

Durante el proceso de fabricación, son los productos químicos de consistencia líquida que se utiliza para disolver los componentes de mayor densidad. (Cadenillas, et al., 2014, p.4).

b.2 Diluyentes.

Se denomina a las sustancias químicas o sus derivados, que durante el proceso de aplicación de la pintura se agrega para ajustar la viscosidad, provocando una reducción de su contenido de sólidos. (Cadenillas, et al., 2014, p.4).

c. Tipos de disolventes

c.1 El agua:

El agua es el ingrediente primordial de la gran parte de las emulsiones de las pinturas, Se utiliza de forma sola o para disolver resina o materias colorantes se utiliza de forma mezclada con alcoholes o éter-alcoholes. (Cadenillas, et al., 2014, p.4).

c.2 Aguarrás vegetal o esencia de trementina.

Es un líquido volátil e incoloro, utilizado como materia prima y disolvente para todo tipo de pinturas. (Cadenillas, et al., 2014, p.4).

c.3 Aguarrás mineral

Es el disolvente líquido más utilizado por ser económico, es un hidrocarburo con poder de disolución no muy fuerte, pero idóneo para las resinas alcídicas. (Cadenillas, et al., 2014, p.4).

d. Los aditivos menores

Son productos que se agregan en reducidas cantidades, entre el 0.001% y el 5% para desempeñar funciones específicas como espesantes, dispersantes, antiespumante, coagulantes, preservantes. (Cadenillas, et al., 2014, p.4).

2.2.2. Automatización

Es el procedimiento por el cual una maquina o un mecanismo previamente diseñado realiza tareas programadas para controlar un proceso determinado, permitiendo la mínima participación del hombre con el mejor rendimiento. Loaiza (2018) indica que Ebel, Idler, Prede y Scholz (2008) afirma: “Concretamente, desde que se empezó a utilizar la máquina de vapor de James Watt en el año 1769. Fue la primera vez que la fuerza humana o animal fue sustituida por una máquina” (p 15).

a. Autómatas

El autómata es un aparato electrónico fabricado para un ambiente hostil, que está compuesto por una memoria de almacenamiento interno, el cual contiene las instrucciones (funciones lógicas, temporizadores, contadores, funciones matemáticas y otros), para la solución específica del proceso, con la finalidad de controlar por medio de su interface de E/S analógicas, digitales a diferentes equipos o procesos. Aguilera (2002) afirma: “Un autómata, es toda máquina electrónica diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales” (p. 14).

b. Ventajas y desventajas del uso de autómatas

No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente.

Tales consideraciones me obligan a referirme a las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio.

Dentro de las ventajas que podemos observar es el menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:

- Economiza en personal y mantenimiento.
- Mayor desempeño y fiabilidad.
- Reducción de tiempos en realización de proyectos.
- Reducción de tiempos de puesta en servicio.
- Control de varios equipos con un solo autómata.
- Facilidad de cambios según el avance tecnológico o modificación de las máquinas con menores costos.
- Se puede instalar en entornos hostiles donde estén presentes severas temperaturas, polvo, humedad, electromagnetismo, vibración, ruidos, y otros.

Algunas desventajas importantes:

- Necesidad de personal especializado con conocimientos en automatización.
- Disminuye la contratación del personal.
- Mayor inversión en equipos.

(Aguilera, 2002, p. 18)

c. Estructura externa

Todos los autómatas programables, poseen una de las siguientes estructuras:

- **Parte Modular:** el autómata S7-1200 puede ir acompañado por fuentes de alimentación, módulos de entrada y salida, módulos switch, el cual son elegidas según las necesidades del proceso a automatizar.
- **Parte Compacta:** El autómata está diseñado por una sola estructura compacta la cual lleva integrado la CPU, las entradas y salidas y la red de comunicación Ethernet.

(Aguilera, 2002, p. 21)

d. Estructura interna

Aguilera (2002) afirma: “Los elementos esenciales, que como mínimo todo autómata programable posee son: CPU, Memoria, interface de entrada y salida y fuente de alimentación” (p. 22).

d.1 CPU (Unidad central de procesamiento)

“Es la unidad en el cual se realiza el procesamiento de control, programando señales de ingreso, para luego ejecutar las tareas programadas, que finalmente se emitirán señales de salida, transformándose en la puerta en marcha de un proceso” (Aguilera, 2002, p. 22).

d.2 Memoria

Siemens (2016) afirma: “Es la parte del autómata que guarda la información que va a ser requerida para luego ser interpretado por la unidad central de proceso y llevar a cabo las tareas de control” (p 14).

Tipos de memoria

- Memoria de carga.

Siemens (2016) afirma: “La memoria de carga es una memoria no volátil para bloques lógicos, bloques de datos, objetos tecnológicos y para la configuración de hardware” (p.14).

- Memoria de trabajo.

La memoria de trabajo es una memoria volátil que contiene los bloques lógicos y de datos.

“La memoria de trabajo solo se utiliza durante el funcionamiento de la CPU” (Siemens, 2016, p. 14). Esta memoria contiene la parte ejecutable del programa.

Siemens (2016) afirma: “La memoria remanente contiene los datos almacenados en el momento del último fallo de tensión” (p. 13). Existen algunas acciones que podrían borrar la memoria remanente como lo es el borrado total y la opción de restablecer ajustes de fábrica.

d.3 Interfaces de entrada y salida.

Es el procedimiento por el cual se da el intercambio de información entre el autómata y el proceso, a través de señales que son previamente son adaptadas y codificadas, para luego ser leídas y ejecutadas.

Se trata de líneas de entrada y salida, las cuales pueden ser del tipo digital o analógico. En ambos casos tenemos unos rangos de tensión característicos, los cuales se encuentran en las hojas de características del fabricante. A estas líneas conectaremos los sensores o actuadores. (Aguilera, 2002, p. 22)

d.4 Fuente de alimentación.

Es el equipo encargado de suministrar energía a los dispositivos que llevarán a cabo las diferentes tareas, transformando la energía alterna (AC) en energía continua (24DC).

2.2.3. Redes industriales

El avance de la tecnología obliga que la mayoría de los procesos industriales sean automatizados, esto debido a la evolución de los autómatas que contribuyen con mejoras en programación, protección, control y en especial la comunicación entre los mismos equipos y con las salas de control. Según Loaiza (2018) indica que Guerrero, Yuste y Martínez (2009) afirma: “En la industria moderna, las comunicaciones de datos entre diferentes sistemas, procesos e instalaciones suponen uno de los pilares fundamentales para que ésta se encuentre en un nivel de competitividad exigida en los procesos productivos actuales” (p. 7). Estos sistemas de monitoreo y control hacen más eficaces los procesos productivos ante algún evento no deseado. Las redes industriales las encontramos en los niveles que se mencionaran a continuación:

- Nivel de campo.
- Nivel de célula
- Nivel de planta.
- Nivel de oficina.

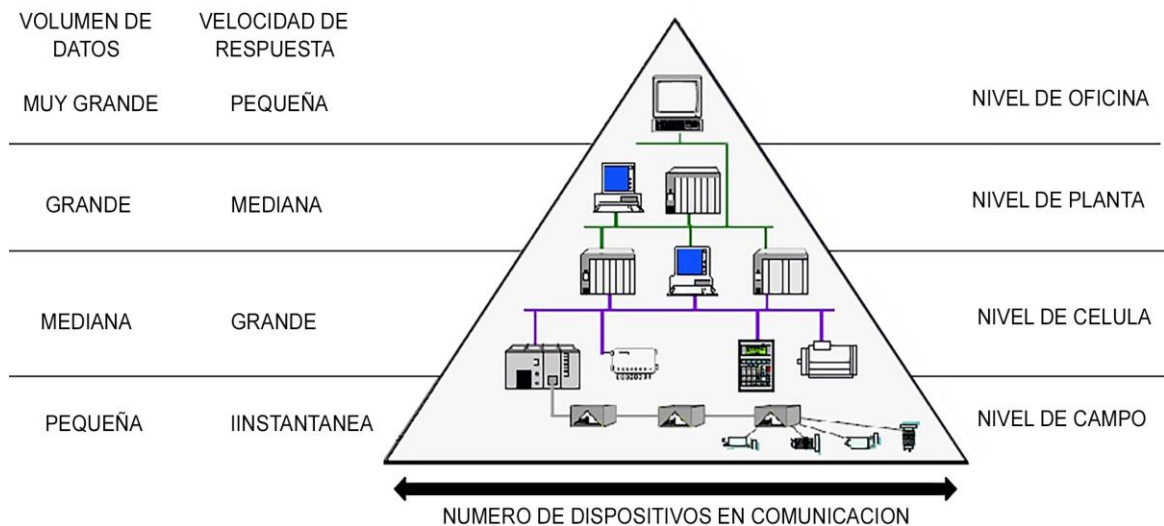


Figura 2. Velocidad en cada nivel de campo.

Fuente: (Guerrero, Yuste y Martínez, 2009, p. 09).

En la figura 2 se muestra la pirámide CIM que está diseñada en base a 5 niveles que van desde el más bajo donde se encuentran los Sensores y actuadores hasta el quinto y último nivel de empresa cuyo nivel es el más superior, la cual se caracteriza por la realización de las funciones de gestión empresarial.

a. Protocolos de comunicación

Hoy en día existe una gran variedad de protocolos de comunicación unos con seguridad otros libres y otros con propietarios en incluso restringidos a dispositivos de la misma marca.

Por medio de estos protocolos es factible la comunicación entre: dispositivo de campo a dispositivo de campo y de dispositivo de campo a computador obteniendo la información necesaria en todo momento y lugar. Loaiza (2018) indica que de acuerdo a Bolton (2013) afirma: “Un protocolo es un conjunto de reglas formales que gobiernan el formato de los datos, los tiempos, la secuencia, el control del acceso y el control de errores” (p. 499). Gracias a estos protocolos podemos tener la información

cuando la solicitamos y en algunos casos en tiempo real con su estampa de tiempo.

Los tres elementos de un protocolo son (Bolton, 2013, p. 499):

- Sintaxis, la cual define el formato de los datos, la codificación y los niveles de señal.
- Semántica, que maneja la sincronización, el control y los errores.
- Temporización, la cual maneja la secuencia de los datos y la selección de la velocidad de los datos.

A continuación, se detalla algunos de los protocolos más usados en la industria en general:

a.1 Modbus

Es uno de los protocolos industriales que se interconecta a través de un enlace físico, este protocolo se implementa con frecuencia en productos de medición y protección para las redes eléctricas.

Según Gallegos y Delgado (2015) afirma: “El objeto del protocolo Modbus es la transmisión de información entre distintos equipos electrónicos conectados a un mismo bus.

Existiendo en dicho bus un solo dispositivo maestro (Master) y varios equipos esclavos (Slaves) conectados” (p. 19).

Medio físico: a continuación, se presentan a modo de resumen en la tabla 2 las diferentes normas físicas:

Tabla 2.

Velocidades en cada medio físico

Parámetros		RS-232C	RS-422-A	RS-485
Modo de trabajo		Unipolar	Diferencial	Diferencial
Número de emisores y receptores		1 emisor 1 receptor	1 emisor 32 receptores	32 emisores 32 receptores
Longitud máxima del cable		15 metros	1.200 metros	1.200 metros
Velocidad de transmisión máxima		20 kbps	Hasta 10 mbps	Hasta 10 mbps
Número de líneas		Hasta 25 (datos y control)	Hasta 4 (datos y control por software)	2 (datos y control por software)
Tipo de cable		Cable específico (hilos tantos como señales)	Par trenzado (2 pares)	Par trenzado (1 par)
Topología que admiten		Punto a punto	Multipunto (punto a punto desde principal a secundarias) Anillo	Punto a punto Multipunto Anillo Bus
Simultaneidad en la transmisión		Simplex Half duplex Full duplex	Full duplex	Half duplex
Tensión de salida del emisor	Sin cargar	+/- 5 V	+/- 2 V	+/- 1,5 V
	Cargado	+/- 15 V	+/- 6 V	+/- 6 V

Fuente: (Guerrero, Yuste y Martínez, 2009, p. 36)

Estructura lógica: Loaiza (2018) indica que Balcells y Romeral (1997) afirma: “La estructura lógica es del tipo maestro-esclavo, con acceso al medio controlado por el maestro” (p. 299). Siendo sus mensajes de 02 tipos, según se describe a continuación:

- Punto a punto. - el cual consta de una solicitud que realiza el master y una respuesta por parte del esclavo.
- Mensajes difundidos. - es un tipo de comunicación unidireccional desde el maestro hacia todos los esclavos.

En la Tabla 2 se presenta las características eléctricas y prestaciones de las conexiones en serie.

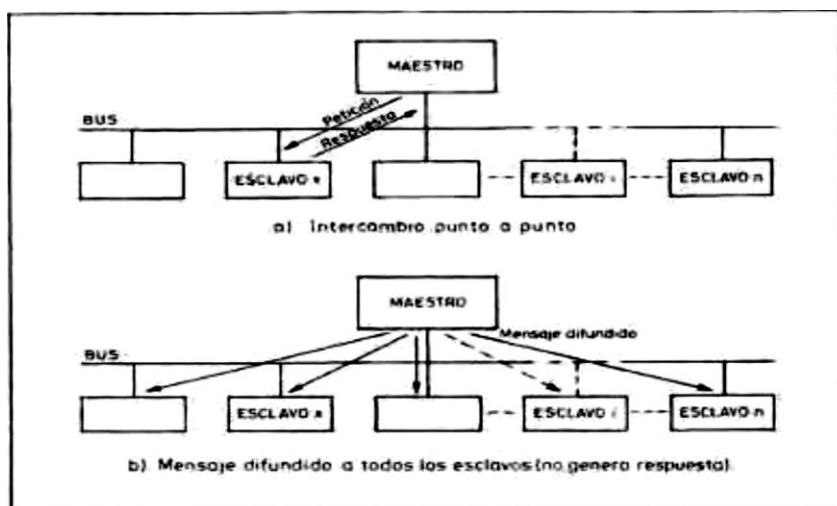


Figura 3. Estructura lógica de los intercambios en el protocolo MODBUS.

Fuente: (Balcells J. y Romeral J., 1997, p. 299).

Modo de Transmisión

Los dispositivos de control pueden ser configurados para el intercambio de información en dos modos de transmisión

La codificación de datos dentro de la trama puede hacerse en modo ASCII o puramente binario, según el estándar RTU (Remote Transmission Unit). En cualquiera de los dos casos, cada mensaje obedece a una trama que contiene cuatro campos principales.

(Balcells y Romeral, 1997, p. 300)

Siendo 63 la capacidad máxima de dispositivos que se pueden tener como esclavos en una red Modbus RTU según muestra la figura 3 y figura 4.

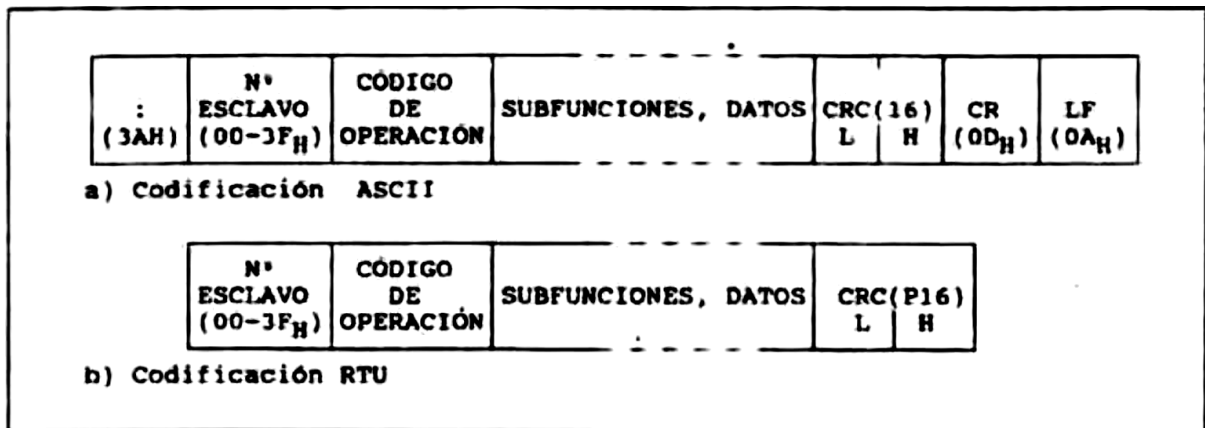


Figura 4. MODBUS: Trama genérica del mensaje según el código empleado.

Fuente: (Balcells J. y Romeral J., 1997, p. 301)

a.2 Ethernet TCP/IP

Actualmente es uno de los protocolos con mayor visión a futuro, debido a su gran simplicidad.

El propósito inicial de la red era el de poner a disposición de múltiples usuarios una serie de recursos costosos como memorias masivas, impresoras de calidad, plotters, etc., de forma que pudieran ser compartidos por todos ellos como si estuvieran directamente conectados a su terminal.

(Balcells y Romeral, 1997, p. 324)

Algunas de las características del protocolo:

- Compatibilidad con el modelo OSI.
- Compatibilidad de los nodos conectables.
- Simplicidad.
- Bajo coste y fácil mantenimiento.
- Agilidad de direccionamiento.
- Equidad y Habilidad.
- Alta velocidad.

NIVELES IMPLEMENTADOS	Niveles OSI 1, 2 y 3 (el último a través de puentes)
MEDIO FÍSICO	Cable coaxial de 50 Ω (cable ETHERNET) Variantes de cable y fibra óptica en banda ancha y «thin wire».
TOPOLOGÍA	Bus o árbol
CODIFICACIÓN	Código Manchester. Modulación de frecuencia en banda base (variante)
VELOCIDAD	10 Mbits/s
PROTOCOLO ACCESO	CSMA/CD según IEEE 802.3
NÚMERO MÁXIMO DE ESTACIONES	1024
SEPARACIÓN MÁX. ENTRE NODOS	2,5 km

Figura 5. Características básicas de las redes ETHERNET.

Fuente: (Balcells J. y Romeral J., 1997, p. 325)

Medio físico: Balcells y Romeral (como se citó en Loaiza, 2018) indican que “El medio de conexión estándar es como se ha dicho, un cable coaxial de 50 Ω , conocido como cable ETHERNET” (p. 326). Hoy en día se utilizan cables de par trenzado y fibra óptica en distintas presentaciones de acuerdo al lugar de trabajo.

Estructura lógica: Esta basado en un solo canal (bus) que lleva las señales a todas las estaciones.

La topología de la red ETHERNET se basa en una estructura en bus o en árbol como se muestra en la figura 6. Los nodos de partida de las ramificaciones se denominan normalmente repetidores y tienen la misión de regenerar la señal del bus, con objeto de aumentar su alcance.

(Balcells y Romeral, 1997, p. 325)

Hoy en día las industrias utilizan dispositivos como: controladores, ordenadores de proceso y gestión con grados de

dificultad de acuerdo a la tarea que realicen, la integración de todos estos niveles es el gran objetivo.

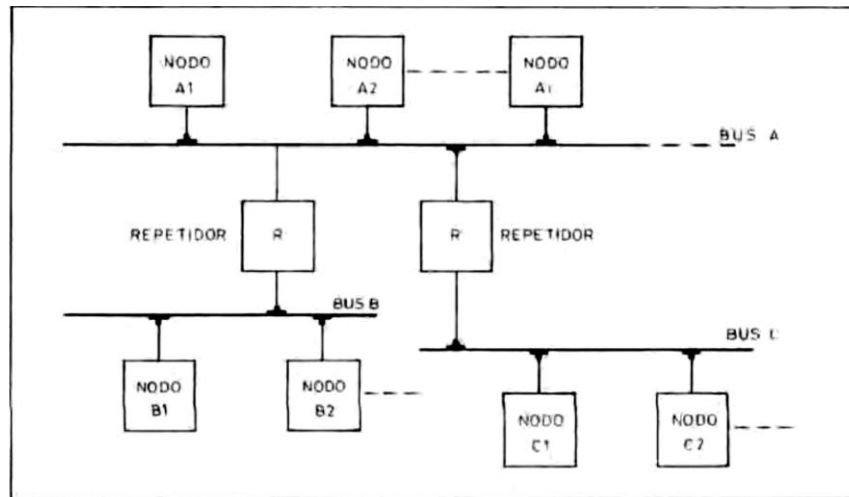


Figura 6. ETHERNET: Topología en árbol.

Fuente: (Balcells J. y Romeral J., 1997, p. 326)

2.2.4. Instrumentación

La instrumentación ha contribuido con los grandes avances tecnológicos en las factorías, gracias a la aplicación de los sistemas automatizados en los procesos industriales.

La instrumentación ha permitido el avance tecnológico de la ciencia actual como la automatización de los procesos industriales; ya que la automatización es solo posible a través de elementos que puedan censar o transmitir lo que sucede en el ambiente, para luego tomar una acción de control preprogramada que actúe sobre el sistema para obtener el resultado previsto.

Los instrumentos pueden ser simples como transmisores, válvulas, sensores y pueden ser muy complejos como controladores, analizadores y amortiguadores.

(Gutiérrez & Iturralde, 2017, p. 2)

2.2.5. Sistema de Control.

En las industrias podemos ver distintos procesos en los cuales hay una gran cantidad de Sistemas de control. Gutiérrez & Iturralde (2017) afirma: “Un sistema de control es un tipo de sistema que se caracteriza por la presencia de una serie de elementos que permiten influir en el funcionamiento del sistema” (p. 104).

La finalidad de un sistema de control es conseguir, mediante la manipulación de las variables de control, un dominio sobre las variables de salida, de modo que estas alcancen unos valores prefijados.

Un sistema de control ideal debe ser capaz de conseguir su objetivo cumpliendo los siguientes requisitos:

- Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser tan eficiente como sea posible, según un criterio preestablecido. Normalmente este criterio consiste en que la acción de control sobre las variables de entrada sea realizable, evitando comportamientos bruscos e irreales.
- Ser fácilmente ejecutable y cómodo de operar en tiempo real con ayuda de un ordenador.

Los elementos básicos que forman parte de un sistema de control y permiten su manipulación son los siguientes:

- Sensores. - Permiten conocer los valores de las variables medidas del sistema.
- Controlador. - Utilizando los valores determinados por los sensores y la consigna impuesta, calcula la acción que debe aplicarse para modificar las variables de control en base a cierta estrategia.
- Actuador. - Es el mecanismo que ejecuta la acción calculada por el controlador y que modifica las variables de control.

(Gutiérrez & Iturralde, 2017, p. 105)

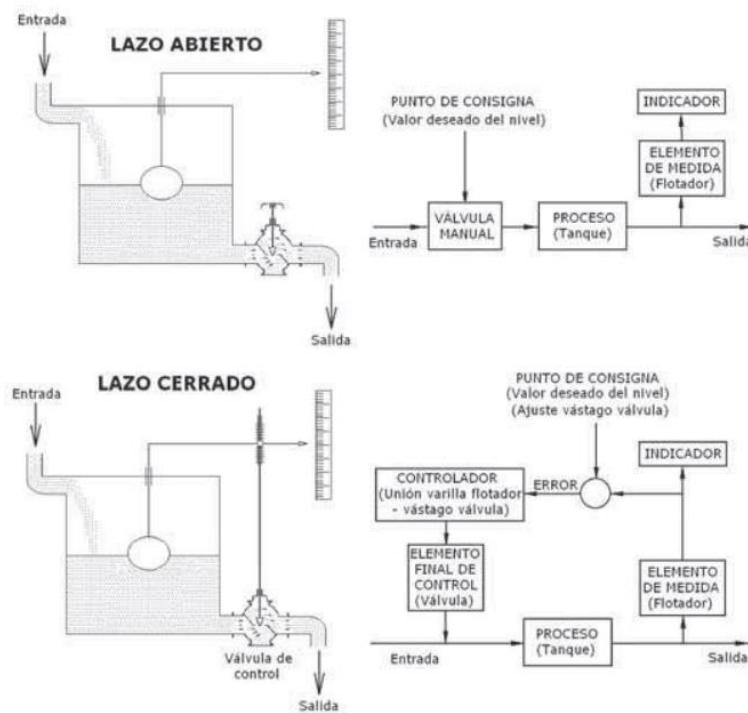


Figura 7. Control de nivel en lazo abierto y lazo cerrado.

Fuente: (Creus, 2010, p. 2)

En la figura 7 nos muestra la dos configuraciones de control de un sistema donde indica que en lazo abierto es necesario de la intervención manual para poder corregir errores y llegar al punto requerido, mientras que en lazo cerrado existe una retroalimentación que hace que los actuadores mediante elementos de control corrijan las variaciones llegando al valor pre establecido.

2.2.6. Seguridad y Confiabilidad de los Instrumentos.

Mantener la integridad física del operario como la seguridad de los activos de la empresa son requerimientos indispensables en la industria moderna. Creus (2009) afirma: “La seguridad de funcionamiento de los elementos de medida y

transmisión depende de la correcta aplicación y de la instalación adecuada de los aparatos” (p. 172). Se puede inferir de lo dicho anteriormente que toda aplicación tiene un instrumento de control con las características específicas para que este sea confiable hasta en las aplicaciones más complejas en las condiciones extremas como se señala en la figura 8.

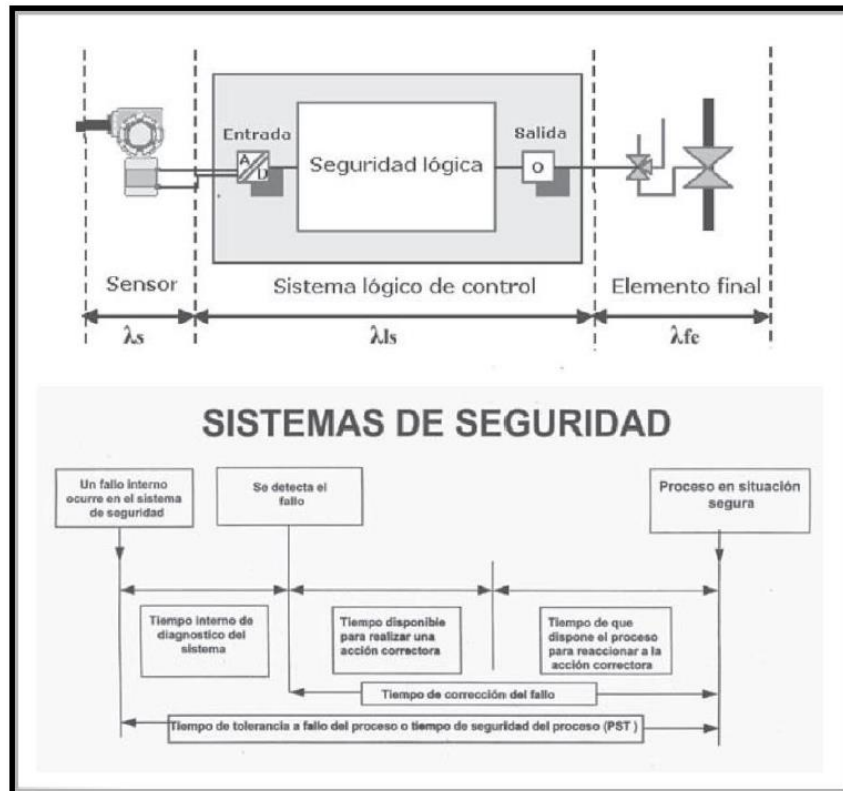


Figura 8. Acciones a tomar para mantener el nivel de seguridad.

Fuente: (Creus, 2009, p. 174).

2.2.7. Equipamiento a Utilizar

El presente diseño consta de los siguientes dispositivos electrónicos, eléctricos y mecánicos:

a. PLC (Controlador Lógico Programable).

La imperiosa necesidad de usar controladores lógicos programables en la industria para la automatización de procesos y cumplir con las diferentes tareas ya sean simples o complejas han hecho que en la industria se

hayan ido sustituyendo controles en base a circuitos eléctricos, relés, interruptores y otros componentes, haciendo que disminuyeran los procedimientos en los que antes se encontraba un equipo completo de recurso humano.

Un controlador lógico programable (PLC) es un dispositivo electrónico digital que usa una memoria programable para guardar instrucciones y llevar a cabo funciones lógicas, de secuencia, de sincronización, de conteo y aritméticas para controlar máquinas y procesos y diseñado específicamente para programarse con facilidad.

(Bolton, 2013, p. 467).

La idea de los proveedores de PLCs es que estos equipos electrónicos sean cada vez más amigables y fáciles de programar.

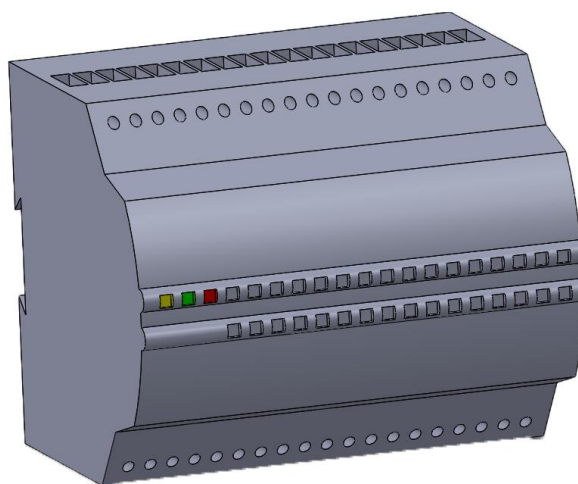


Figura 9. Autómata programable PLC.

Fuente: Elaboración propia

La figura 9 nos muestra el diseño de un autómata programable PLCs compacto, robusto, con dimensiones y características que hacen sencilla su montaje y desmontaje.

a.1 Selección de un PLC

Según, Sánchez (2010) indica que “De toda la variedad de autómatas que existe en el mercado, la elección de un PLC como sistema de control deberá estar centrado en el estudio de una serie de criterios tomando en cuenta las necesidades futuras en función al requerimiento del proceso productivo que tiene que ser automatizado” (p. 25)

Criterios cuantitativos.

Hace referencia a las características físicas del PLC.

- Ciclo de ejecución
- Capacidad de entradas y salidas.
- Características de las entradas y salidas.
- Módulos funcionales.
- Memoria de programa.
- Conjunto de instrucciones.
- Tipo de comunicaciones.
- Periféricos y programadores.

Criterios cualitativos

Hace referencia a la selección del tipo de PLC, para ello es indispensable contar con otros criterios que son difícilmente cuantificables y por ende comparables:

- Ayudas al desarrollo de programas.
- Fiabilidad del producto.
- Servicios del suministrador.
- Normalización en planta.
- Compatibilidad con equipos de otras gamas.
- Costo.

- Previsión de repuestos.

a.2 Arquitectura del PLC

La arquitectura del PLC a utilizar dependerá del tipo de proyecto que se quiera desarrollar, para hablar de los componentes que integran a un PLC es necesario definir que todo autómata posee tres etapas que están relacionadas entre sí y son indispensables, estas se muestran en la figura 10.

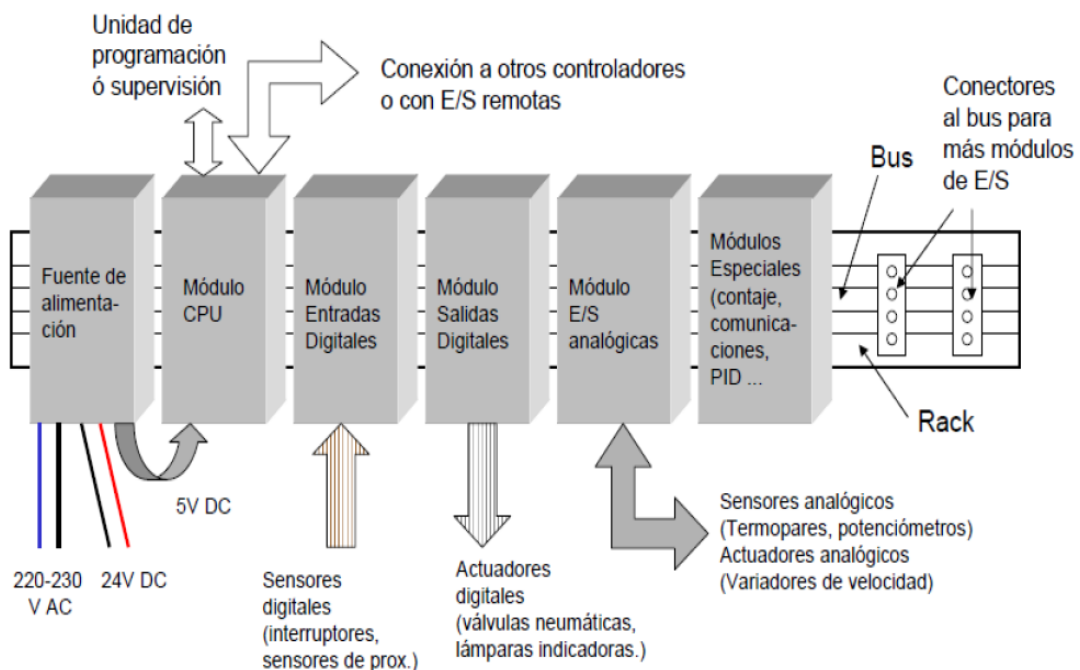


Figura 10. Arquitectura típica de un PLC.

Fuente: (Universidad de Oviedo, 2001, p. 11)

2.2.8. Pantallas Industriales

Lorenzo (2007) menciona que: “Son dispositivos que permiten al operario que supervisa el sistema, tener una información en tiempo real del comportamiento de las líneas de producción” (p. 160).

La pantalla industrial es la herramienta principal que nos proporciona un interfaz amigable entre el operador y el autómata, permitiendo controlar en tiempo real el proceso, proporcionando comunicación constante entre dispositivos de campo.

Del mismo modo permite realizar configuraciones mediante el uso de herramientas en un entorno industrial.

2.2.9. Variadores de Frecuencia.

Son mecanismos electrónicos que van conectados entre la energía de la red y el motor, lo cual por la variación de la frecuencia regula la energía para luego ajustar la tensión al requerimiento real del proyecto, disminuyendo el consumo eléctrico del motor en un 20 y un 70%.

Los variadores son convertidores de energía encargados de modular la energía que recibe el motor. Otra definición sería, los variadores de velocidad son dispositivos que permiten variar la velocidad y la acopla de los motores asíncronos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

(Piñero, 2015, p. 8)

a. Funcionamiento de los variadores.

Su función principal es regular la potencia de salida de los dispositivos electrónicos como agitadoras o bandas transportadoras, en función del control de la frecuencia del motor, asegurando que la velocidad sea la adecuada para el proceso.

El variador regula la frecuencia del voltaje aplicado al motor, logrando modificar su velocidad. Sin embargo, simultáneamente con el cambio de frecuencia, debe variarse el voltaje aplicado al motor para evitar la saturación del flujo magnético con una elevación de la corriente que dañaría el motor.

(Piñero, 2015, p.15)

El variador será utilizado cuando se requiera controlar:

- La velocidad y el par motor
- Regulación sin estrés de las piezas mecánicas.

- Rotaciones complejas.

Tanto los variadores como arrancadores electrónicos eliminan los problemas que pueden presentarse en la puesta en marcha de los motores asíncronos, como:

- La alteración del funcionamiento de los dispositivos asociados a la red, producto del pico de corriente generado por el arranque del motor.
- son perjudiciales para la máquina Los movimientos bruscos producidos durante la puesta en marcha y paradas, así como también para la seguridad de los operarios.
- Control de velocidad en todo instante.

b. Funciones principales

Salazar. (2011) dice que: “De acuerdo al método para variar la velocidad sincrónica de un motor trifásico de corriente alterna, debemos alimentar el motor con una tensión y frecuencia variable, dependiendo de la velocidad que se quiera. Es muy importante tener en cuenta que al modificar la frecuencia que se aplica al estator, es necesario variar la tensión aplicada de la misma forma y en la misma magnitud” (p.12.).

b.1 Aceleración controlada.

El incremento de velocidad del motor es regulado por medio de una pendiente de aceleración lineal. Por lo general, está pendiente es de fácil control, permitiendo solucionar el tiempo de aceleración necesario para el proceso.

b.2 Variación De Velocidad

La velocidad del motor está en razón del valor de entrada de la tensión.

Debido a las perturbaciones como, la variación de tensión y temperatura de la carga, los valores de entrada pueden sufrir variaciones, por tal motivo la velocidad será expresada en función de la velocidad nominal.

2.2.10. Sensores

a. Sensores de Proximidad Ópticos.

Ramirez (2007) afirma: “los sensores de proximidad o presencia son usados tanto en sistemas de alarmas contra intrusos, así como en algunos procesos industriales para detectar si un objeto o persona (o animal) se encuentra en algún sitio crítico de un proceso dado” (P. 29).

Lógica de funcionamiento:

El sensor lanza un haz de luz en dirección a un objeto que se comporta como reflector, haciendo que regrese parte de la luz emitida. El receptor recibe la cantidad de luz reflejada por el objeto, activándose cuando la intensidad de la luz llega al valor de umbral.

Tipos de circuito de salida:

- Digitales
- Análogas
- Seriales

b. Sensor Ultrasónico

Es un sensor que emite ondas de sonidos imperceptibles por el oído humano, para medir el tiempo de retorno del sonido al sensor, y así determinar la distancia frente a un determinado objeto.

c. Sensor de Peso.

Es un sensor que convierte la variable de fuerza o intensidad de un peso en señal eléctrica, transmitiendo dicha información a un controlador de

peso. Se utilizará este sensor para el control de la cantidad del vertido de cada color y mezcla correcta.

Sosa (2006) afirma: “Una galga extensiométrica es un dispositivo de medida universal que se utiliza para la medición electrónica de diversas magnitudes mecánicas como pueden ser el peso, presión, carga, torque, deformación, posición, etcétera” (p. 28).

2.2.11. Actuadores Neumáticos.

Es un dispositivo mecánico que convierte la energía eléctrica, neumática, o hidráulica en trabajo mecánico.

Guillen (1993) menciona que: “El actuador neumáticos o elementos de trabajo, tienen como función la de transformar la energía neumática del aire comprimido en trabajo mecánico” (p. 31).

a. Electroválvula

Es un dispositivo electromecánico que tiene como función general, la apertura o cierre al paso de un fluido a través de un conductor (tubería), la válvula es accionado mediante un solenoide, pudiéndose de dos a cinco vías.

b. Válvula de Llenado.

Es un accesorio que regula el suministro de fluidos de manera eficiente y rápida. Avilés (2011) menciona que: “En la regulación de los distintos procesos industriales tienen un papel fundamental las válvulas. Con ellas podremos controlar los caudales de las distintas corrientes implicadas en el proceso, además de las condiciones internas de presión de depósitos y recipientes” (p. 14).

Se utilizará una válvula para el llenado de la pintura, el cual está integrada por un cilindro de funcionamiento neumático de retorno por

resorte con dos estados, cierre por carencia de aire y de una boquilla de llenado.

2.2.12. Banda Transportadora.

La banda transportadora es un dispositivo mecánico auxiliar en la industria, cuya función es transportar materiales de forma continua de un lugar a otro. Son aparatos que no requieren la manipulación directa de un operario y se encuentran ubicadas en las líneas de proceso.

a. Potencia del Motor de la Banda transportadora.

Para el planeamiento de la faja transportadora se tomó como referencia el manual de la empresa CONTITECH Conveyor Belt Group, se determinará la potencia del motor que impulsará la banda transportadora.

$$T_E = T_y + T_x \pm T_z$$

T_E = Tensión efectiva.

T_x = Tensión para mover la banda sin carga.

T_y = Tensión para mover la carga en forma horizontal.

T_z = tensión para mover la carga en diagonal superior o inferior.

$$T_x = F_x * L_c * G$$

F_x = Factor de rozamiento entre la lona de la banda transportadora y los rodillos deslizantes.

L_c = Valor apropiado de la distancia entre centros.

Tabla 3.

Valores para F (Rodamientos antifricción)

FACTOR	TEMPERATURA AMBIENTE MINIMA				
F_x	7°C (45°F) 0.030	-9°C (15°F) 0.035	-18°C (0°F) 0.040	-23°C (-10°F) 0.048	-29°C (-20°F) 0.06
F_y	= 0.040 promedio, valor exacto ver tabla 5A y 5B				
	PARA UNIDADES DESCENDENTES, CUANDO SE REQUIERA FRENO DE CONTRAVUELTA			VALORES BASICOS (Vea párrafos siguientes)*	
F_x	0.023			0.023	
F_y	0.031			0.031	

Fuente: Manual contitech conveyor belt group (p.13)

G = Peso de las piezas en movimiento.

La tensión mínima para desplazar la carga en forma horizontal (T_y) es:

$$T_y = F_y * L_C * Q$$

F_y = Coeficiente de rozamiento entre la banda y los rodillos deslizantes.

Q = Razón de carga, en libras de carga por pie de distancia transportado.

Tabla 4.

Valor de Q normal, para determinar el factor de F_y

ANCHO BANDA Pulg.	VALORES DE Q NORMAL EN lb/pie PESO DEL MATERIAL EN lb/pie ³						
	20	35	50	75	100	125	150
12	1.1	2.0	2.8	4.3	5.7	7.2	8.6
18	3.3	5.8	8.3	12.4	16.5	20.6	24.8
24	6.7	11.8	16.8	25.2	33.6	42.0	50.4
30	11.3	19.8	28.3	42.2	56.6	70.7	84.9
36	17.1	29.9	42.7	64.1	85.5	106.8	128.2
42	24.0	42.1	60.1	90.2	120.7	150.3	180.3
48	32.2	56.3	80.4	120.6	160.8	201.1	241.3
54	41.5	72.6	103.7	155.5	207.4	259.2	311.0
60	52.0	90.9	129.9	194.8	259.8	324.7	389.6
72	76.4	133.8	191.1	286.6	382.2	477.7	573.3

Fuente: Manual contitech conveyor belt group (p.14)

Razón de carga (Q):

$$Q = \frac{33.3 * C}{S}$$

C = Carga en t/hr.

S = Velocidad de la banda en ft/min.

b. Cálculo de la velocidad de la banda:

$$S = w * r$$

$$w = 2\pi * N$$

w = velocidad angular.

r = radio del rodillo de la banda

N = revoluciones por minuto motor

2.2.13. Agitador de Fluidos.

Un agitador es un dispositivo mecánico utilizado en la industria el cual está basado en una varilla, por lo general de acero, dispuesto como eje que sostiene las aspas que mezclan o revolver a través de la agitación algunos elementos como líquidos y sólidos de baja densidad, impulsados por un motor generalmente controlado por un variador de frecuencia.

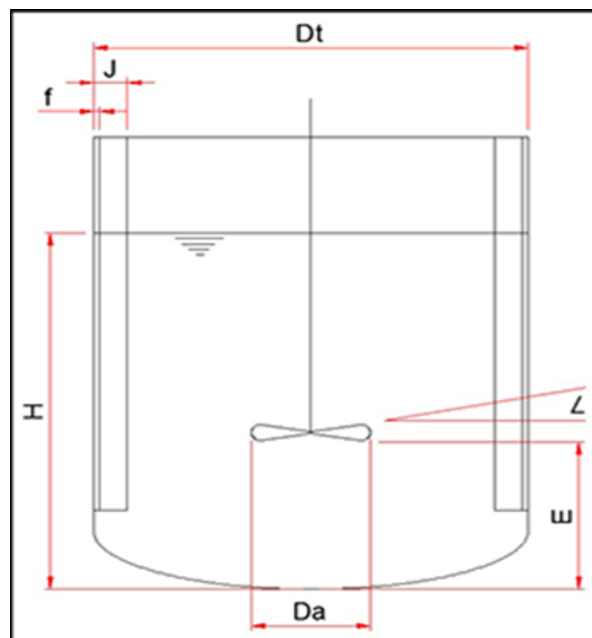


Figura 11. Diseño y cálculo de un agitador de fluidos.

Fuente: (Castillo, V., 2013. p.29)

Tabla 5.

Semejanzas geométricas

H / Dt= 1	Da / Dt=0.33	E / Dt=0.33
<= 25°	J / Dt=0.1	f/J=0.02

Fuente: (Castillo, V., 2013. p.29)

Cálculos

- a. Distancia de la base al fondo del impulsor (E)

$$E / Dt=0.33$$

- b. Diámetro del impulsor (Da)

$$Da / Dt=0.33$$

- c. Potencia consumida por el agitador (Re)

$$Re = \frac{Nd^2\rho}{\mu}$$

N = velocidad de rotación [rps].

d = diámetro del agitador [m].

ρ = densidad del fluido [kg/m³].

μ = viscosidad [cps].

Régimen

- Laminar: Re<10
- Transitorio: 300< Re < 1000
- Turbulento: Re > 10000

- a. Número de potencia (Np).

$$Np = \frac{P}{N^3 d^5 \rho}$$

- b. P = potencia de agitación del impulsor (watts).

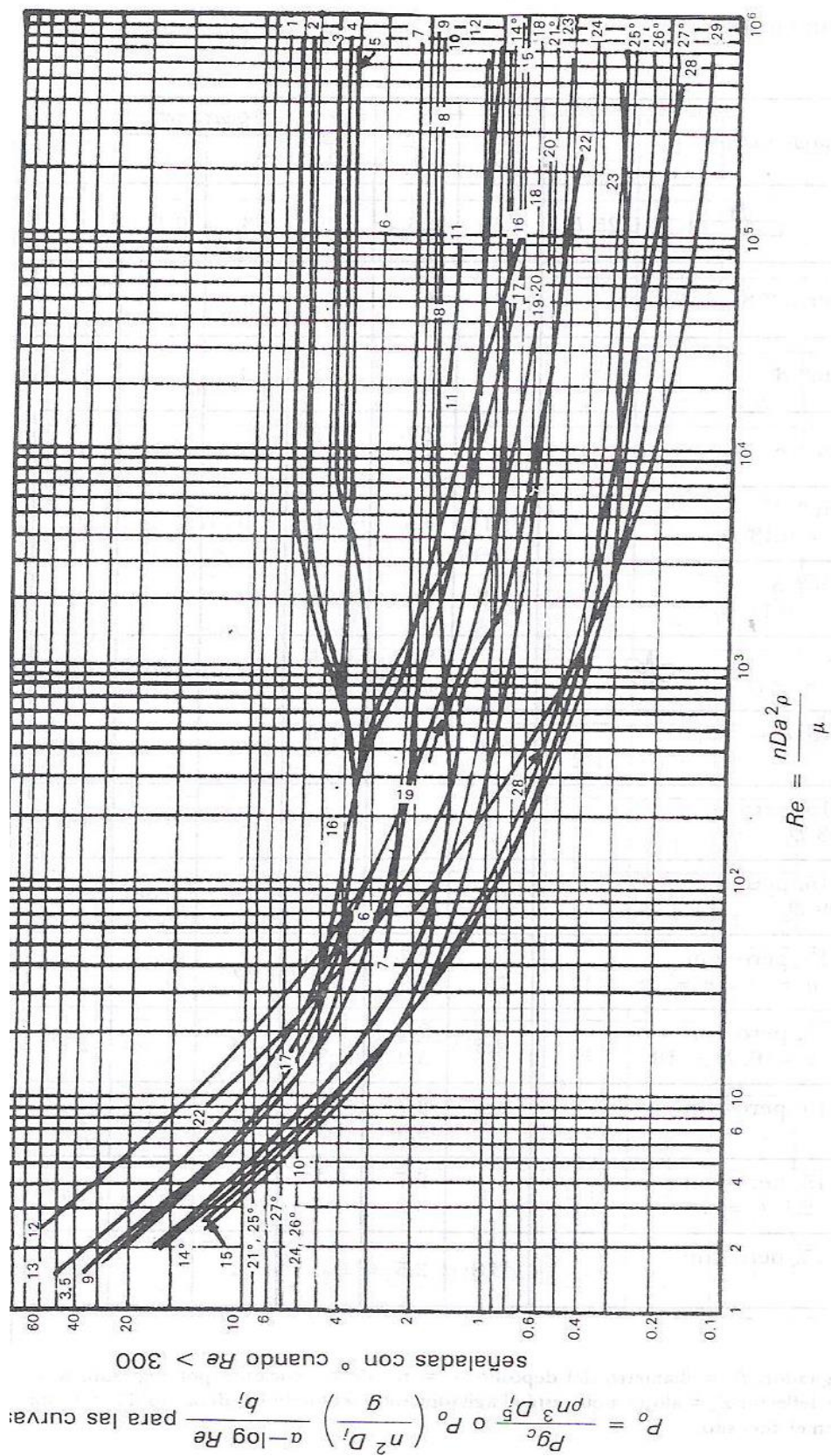
- c. Número de Froude (Fr).

$$Fr = \frac{N^2 d}{g}$$

g = aceleración de gravedad.

d. Consumo de potencia para N° de Re < 300 con o sin placas deflectoras

$$P = KL N^2 d^3 \mu$$



Consumo de energía de diversos agitadores, expresado por el parámetro de potencia, P_o , y del número de Reynolds, Re . Para las curvas señaladas con $^\circ$, la influencia de la superficie libre es considerable, por lo que se ha tenido en cuenta el número de Froude, $Fr = gn^2D_i$, para Re superiores a 300. P , potencia; ρ , densidad; n , revoluciones por minuto.

Figura 12. Correlación de potencia respecto al número de Reynolds

Fuente: (Castillo, V., 2013. p.29)

2.2.14. Cables.

Millán y Ramírez (2014) refieren que: “Los cables son conductores eléctricos, cuyo material ofrece poca oposición o resistencia al paso de la corriente eléctrica por o a través de ellos” (p.16).

De la gran variedad de cables que existen en el mercado se seleccionara el más adecuado en base al análisis de las diferentes características y necesidades del sistema a implementar.

a. Tipos de aislamiento.

Castañeda y Blanco (2012) afirma: “El aislamiento es una capa de material dieléctrico, que aísla los conductores de distintas fases, o entre fases y tierra. Puede ser de distintos tipos, tanto de material orgánico, como inorgánico” (p.33).

El aislante es el material que separa el conductor del exterior, por lo general esta información va adherida en el recubrimiento mostrando el tipo de aislamiento que posee.

Los más usado son: THW, THN, THHW y THWN.

- T (Thermoplastic): Aislamiento termoplástico. Todos los cables cuentan con este tipo de protección.
- H (Heat resistant): posee una resistencia a la temperatura de 75° centígrados (167° F).
- HH (Heat resistant): Posee una resistencia a la temperatura hasta 90° centígrados (194° F).
- W (Water resistant): Resistente al agua y a la humedad

Para una mejor selección del aislamiento que deberá tener el cable se deberá identificar el medio donde se va a instalar y con dicha información se deberá seleccionar en base a la tabla 6 de esta tesis.

Tabla 6.

Capacidad de corriente en A de conductores aislados unipolares.

AWG	Sección (mm ²)	TW, TWF	THW, THHW, TTHWF, XHHW	THWN-2, XHHW-2
		Temperatura		
		60°C	75°C	90°C
16	1,31	-	-	24
14	2,08	25	30	35
12	3,31	30	25	40
10	5,26	40	50	55
8	8,37	60	70	80
6	13,30	80	95	105
4	21,15	105	125	140

Fuente: (Ministerio de energía y minas, 2006, p. 552)

b. Capacidad de corriente.





Para decidir cuál es el mejor cable para un proyecto determinado se tendrá que hacer un previo análisis teniendo en cuenta características como:

- Lugar de instalación.
- Temperatura ambiente.
- Tipo de canalizado.

Estas consideraciones son necesarias para la correcta selección de los cables y mantener la confiabilidad del sistema en condiciones normales y de falla.

Tabla 7.

Capacidad de corriente en A de conductores aislados al aire libre.

Seccion nominal del conductor (mm ²)	Cables multipolares				Cables unipolares			
	Metodo de instalación de acuerdo a la NTP 370.301 (IEC 60364-5-523)							
	Dos conductores de carga		Tres conductores de carga		Dos conductores de carga al contacto		Tres conductores de carga en triangulo	
								
	Método E		Método E		Método F		Método F	
Aislamiento	PVC	XLPE o EPR	PVC	XLPE o EPR	PVC	XLPE o EPR	PVC	XLPE o EPR
Temperatura	70°C	90°C	70°C	90°C	70°C	90°C	70°C	90°C
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1,5	22	26	18,5	23	-	-	-	-
2,5	30	36	25	32	-	-	-	-
4	40	49	34	42	-	-	-	-
6	51	63	43	54	-	-	-	-
10	70	86	60	75	-	-	-	-
16	94	115	80	100	-	-	-	-
25	119	149	101	127	131	161	110	135
35	148	185	126	158	162	200	137	169
50	180	225	153	192	193	242	167	207
70	232	289	196	246	251	310	216	268
95	282	352	238	298	304	377	264	328
120	328	410	276	346	352	437	308	383
150	379	473	319	399	406	504	356	444
185	434	542	364	456	463	575	409	510
240	514	641	430	538	546	679	485	607
300	593	741	497	621	629	783	561	703
400	-	-	-	-	754	940	656	823
500	-	-	-	-	868	1083	749	946
630	-	-	-	-	1005	1254	855	1088

Fuente: (Ministerio de energía y minas, 2006, p. 550)

c. Cable de instrumentación y control.

Los cables de instrumentación, son de tipo multiconductores que conducen la señal eléctrica a equipos electrónicos que monitorean y controlan sistemas eléctricos de potencia y sus procesos asociados, como: transformadores de corriente, transformadores de potencial, relés interruptores, equipos de medición, entre otros.

Para determinar el tipo de cable correcto, es necesario saber el entorno donde serán instalados, para proteger de manera correcta la señal que viaja por los cables seleccionados.

Cálculos.

- Se determinará la corriente Nominal para una carga monofásica.

$$I_n = P/V \times \cos\phi \times n$$

- b. La corriente de diseño está determinada según el Ministerio de Energía y Minas, 2006, p. 325 como:







$$I_d = 1.25 \times I_n$$

- c. En relación a la corriente de diseño se seleccionará el tipo y características del cable (unipolar o multiconductores), tomando en cuenta el número de ternas N (según se requieran). Para la capacidad de los cables (IC), ver Tabla 2 del (Ministerio de Energía y Minas, 2006, p. 553), la cual se encuentra referenciada en la tabla 7 del presente documento.

$$I_{ef} = I_c \times K_T \times N > I_d$$

Tabla 8.







Capacidad de corriente en A de conductores con aislamiento PVC.

(Ver Reglas 030-004, 050-104, 070-012, 070-2212, 150-000, 150-742, 220-008 y 220-016, y Tablas 5A, 5C y 19)												
Capacidad de corriente en A de conductores aislados – En canalización o cable												
Basada en temperatura ambiente: 30 °C al aire y 20 °C en tierra												
Sección nominal del conductor [mm²]	Método de instalación de acuerdo a la NTP 370.301 (IEC 60364-5-523)											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
												
Aislamiento	PVC		PVC		PVC		PVC		PVC		PVC	
Temperatura	70 °C		70 °C		70 °C		70 °C		70 °C		70 °C	
Cantidad de conductores	2		3		2		3		2		3	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Cobre												
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	-	-	-	-	344	299	278	230
185	273	245	248	223	-	-	-	-	395	341	312	258
240	321	286	291	261	-	-	-	-	461	403	361	297
300	367	328	334	298	-	-	-	-	530	464	408	336

Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2006, p. 553)

Tabla 9.

Capacidad de corriente en A de conductores con aislamiento XLPE.

Sección nominal del conductor [mm ²]	Método de instalación de acuerdo a la NTP 370.301 (IEC 60364-5-523)											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
												
Aislamiento	XLPE o EPR		XLPE o EPR		XLPE o EPR		XLPE o EPR		XLPE o EPR		XLPE o EPR	
Temperatura	90 °C		90 °C		90 °C		90 °C		90 °C		90 °C	
Cantidad de conductores	2		3		2		3		2		3	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cobre	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	68	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	69	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	-	-	-	-	441	371	324	271
185	362	324	329	295	-	-	-	-	506	424	363	304
240	424	380	386	346	-	-	-	-	599	500	419	351
300	486	435	442	39	-	-	-	-	693	576	474	396

Fuente: (Ministerio de energía y minas, 2006, p. 554)

d. Se determinará el factor de corrección total (KT) del conductor seleccionado, tomando en cuenta el tipo de instalación.

e. Tuberías (Método de instalación B2 de Tabla 3 del (Ministerio de Energía y Minas, 2006, p. 557). la cual se encuentra referenciada en la tabla 8 del presente documento.

d. Factor de corrección (kt) para instalación en tuberías:

El factor de corrección (KT) estará determinada por el producto del factor de corrección por temperatura (KTa) y el factor de corrección por agrupamiento (Kn1)

e. Factor de corrección por temperatura (kta):

De acuerdo a la tabla 6 La capacidad del conductor está diseñada para un estándar de temperatura ambiente de 30°C, la temperatura en la planta oscila entre 20°C y 30°C al cual según tabla 10 corresponde un factor de corrección de 1 tomando en cuenta el caso más crítico, la cual se encuentra referenciada en la tabla 9 de esta tesis.

Tabla 10.

Factores de corrección por temperatura.

(Ver las Reglas 030-004(8) y 070-2212 y Tablas 1, 2, 57 y 58) Factores de corrección para temperatura ambiente distinta de 30 °C para cables al aire y distinta a 20 °C para cables en ductos enterrados Aplicables a las columnas de la 2 a la 16 de las Tablas 1 y 2						
Temperatura ambiente [°C]	PVC		XLPE o EPR		MI - Mineral * (al aire)	
	Cables al aire	Cables en ductos enterrados	Cables al aire	Cables en ductos enterrados	Cubierta de PVC o deanudo y expuesto al contacto 70°C	Deanudo no expuesto al contacto 105 °C
10	1,22	1,10	1,15	1,07	1,26	1,14
15	1,17	1,05	1,12	1,04	1,20	1,11
20	1,12	1,00	1,08	1,00	1,14	1,07
25	1,08	0,95	1,04	0,96	1,07	1,04
30	1,00	0,89	1,00	0,93	1,00	1,00
35	0,94	0,84	0,96	0,89	0,93	0,96
40	0,87	0,77	0,91	0,85	0,85	0,92
45	0,79	0,71	0,87	0,80	0,87	0,88
50	0,71	0,63	0,85	0,76	0,87	0,84
55	0,61	0,55	0,76	0,71	0,57	0,80
60	0,50	0,45	0,71	0,65	0,45	0,75
65	-	-	0,65	0,60	-	0,70
70	-	-	0,58	0,53	-	0,65
75	-	-	0,50	0,46	-	0,60
80	-	-	0,41	0,38	-	0,54
85	-	-	-	-	-	0,47
90	-	-	-	-	-	0,40
95	-	-	-	-	-	0,32

* Para temperaturas ambiente mayores, también se puede consultar al fabricante.

Fuente: (Ministerio de energía y minas, 2006, p. 567)

f. Factor de corrección por agrupamiento (kn1):

El factor de corrección Kn1 se aplicará en relación a la tabla 10 según el tipo de cable a utilizar, ya sea Unipolar o Multiconductor.

Tabla 11.

Factores de corrección por agrupamiento.

Factores de reducción por grupos de más de un circuito o de más de un cable multipolar														
A ser usados con las capacidades de corriente nominal de las Tablas 1 y 2														
Ítem	Disposición (en cuanto a cables)	Número de circuitos o cables multipolar												A usarse con capaci- dades de corriente nominal, referencia
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Agrupados en el aire, sobre una superficie empotrados o encerrados	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	4 a 8 Métodos A a F
2	En una capa sobre una pared, piso o bandeja no perforada	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	No más factores de reducción para más de nueve circuitos o cables multipolares			4 a 7 Método C
3	En una capa fijado directamente bajo un techo de madera	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	En una capa sobre una bandeja perforada horizontal o vertical	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				8 a 9 Métodos E y F
5	En una capa sobre un soporte de bandeja de escaleras, o listones, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

Fuente: (Ministerio de energía y minas, 2006, p. 567)

- f. Habiendo obtenido el factor de corrección KT, la corriente admisible (Ic) de acuerdo a la sección "S" en función a la table 8 y el número de ternas (N), se calculará la corriente admisible efectiva.

$$I_{efec} = I_C \times K_T$$

- g. Se verificará que la Capacidad de Corriente Admisible Efectiva sea mayor que la Corriente de diseño.

$$I_{efec} > I_d$$

- h. Si la corriente de diseño I_d es mayor que la I_{efec} se regresara a la tabla 8 donde se seleccionará la sección inmediata superior y así sucesivamente hasta que se cumpla la condición:

$$I_{efec} > I_d.$$

- i. Habiendo calculado el calibre del cable, se pasará a seleccionar la Impedancia Efectiva (Z) o los Valores R y X de la Tabla N° 12, del mismo modo conociendo el número de Ternas N procederemos con el cálculo de la Caída de Tensión, el cual no deberá superar el 4 % de la Tensión de distribución y el 2.5 % de la tensión utilizada de acuerdo a lo indicado en el acápite 2.0. En caso se sobrepase este valor, se procederá a seleccionar la sección inmediata superior hasta cumplir con este requerimiento.
- j. Carga monofásica:

$$V_{CT1\phi} = \frac{2 \times I_N \times L \times Z}{N}$$

La impedancia (Z) eficaz se define como $R \cos(\theta) + X \sin(\theta)$ ohm/km.

$$\%V_{CT} = \frac{V_{CT}}{V_{SERVICIO}} < 2.5\%$$

Tabla 12.

Alternating-Current Resistance and Reactance for 600-Volt Cables.

Size (AWG or kcmil)	Ohms to Neutral per Kilometer Ohms to Neutral per 1000 Feet															Size (AWG or kcmil)
	X_L (Reactance) for All Wires		Alternating-Current Resistance for Uncoated Copper Wires			Alternating-Current Resistance for Aluminum Wires			Effective Z at 0.85 PF for Uncoated Copper Wires			Effective Z at 0.85 PF for Aluminum Wires				
	PVC, Aluminum Conduits	Steel Conduit	PVC Conduit	Aluminum Conduit	Steel Conduit	PVC Conduit	Aluminum Conduit	Steel Conduit	PVC Conduit	Aluminum Conduit	Steel Conduit	PVC Conduit	Aluminum Conduit	Steel Conduit		
14	0.190 0.058	0.240 0.073	10.2 3.1	10.2 3.1	10.2 3.1	— —	— —	— —	8.9 2.7	8.9 2.7	8.9 2.7	— —	— —	— —	14	
12	0.177 0.054	0.223 0.068	6.6 2.0	6.6 2.0	6.6 2.0	10.5 3.2	10.5 3.2	10.5 3.2	5.6 1.7	5.6 1.7	5.6 1.7	9.2 2.8	9.2 2.8	9.2 2.8	12	
10	0.164 0.050	0.207 0.063	3.9 1.2	3.9 1.2	3.9 1.2	6.6 2.0	6.6 2.0	6.6 2.0	3.6 1.1	3.6 1.1	3.6 1.1	5.9 1.8	5.9 1.8	5.9 1.8	10	
8	0.171 0.052	0.213 0.065	2.56 0.78	2.56 0.78	2.56 0.78	4.3 1.3	4.3 1.3	4.3 1.3	2.26 0.69	2.26 0.69	2.30 0.70	3.6 1.1	3.6 1.1	3.6 1.1	8	
6	0.167 0.051	0.210 0.064	1.61 0.49	1.61 0.49	1.61 0.49	2.66 0.81	2.66 0.81	2.66 0.81	1.44 0.44	1.48 0.45	1.48 0.45	2.33 0.71	2.36 0.72	2.36 0.72	6	
4	0.157 0.048	0.197 0.060	1.02 0.31	1.02 0.31	1.02 0.31	1.67 0.51	1.67 0.51	1.67 0.51	0.95 0.29	0.95 0.29	0.98 0.30	1.51 0.46	1.51 0.46	1.51 0.46	4	
3	0.154 0.047	0.194 0.059	0.82 0.25	0.82 0.25	0.82 0.25	1.31 0.40	1.35 0.41	1.31 0.40	0.75 0.23	0.79 0.24	0.79 0.24	1.21 0.37	1.21 0.37	1.21 0.37	3	
2	0.148 0.045	0.187 0.057	0.62 0.19	0.66 0.20	0.66 0.20	1.05 0.32	1.05 0.32	1.05 0.32	0.62 0.19	0.62 0.19	0.66 0.20	0.98 0.30	0.98 0.30	0.98 0.30	2	
1	0.151 0.046	0.187 0.057	0.49 0.15	0.52 0.16	0.52 0.16	0.82 0.25	0.85 0.26	0.82 0.25	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	0.79 0.24	0.79 0.24	0.82 0.25	1	
1/0	0.144 0.044	0.180 0.055	0.39 0.12	0.43 0.13	0.39 0.12	0.66 0.20	0.69 0.21	0.66 0.20	0.43 0.13	0.43 0.13	0.43 0.13	0.62 0.19	0.66 0.20	0.66 0.20	1/0	
2/0	0.141 0.043	0.177 0.054	0.33 0.10	0.33 0.10	0.33 0.10	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	0.36 0.11	0.36 0.11	0.36 0.11	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	2/0	
3/0	0.138 0.042	0.171 0.052	0.253 0.077	0.269 0.082	0.259 0.079	0.43 0.13	0.43 0.13	0.43 0.13	0.289 0.088	0.302 0.092	0.308 0.094	0.43 0.13	0.43 0.13	0.46 0.14	3/0	
4/0	0.135 0.041	0.167 0.051	0.203 0.062	0.220 0.067	0.207 0.063	0.33 0.10	0.36 0.11	0.33 0.10	0.243 0.074	0.256 0.078	0.262 0.080	0.36 0.11	0.36 0.11	0.36 0.11	4/0	
250	0.135 0.041	0.171 0.052	0.171 0.052	0.187 0.057	0.177 0.054	0.279 0.085	0.295 0.090	0.282 0.086	0.217 0.066	0.230 0.070	0.240 0.073	0.308 0.094	0.322 0.098	0.33 0.10	250	
300	0.135 0.041	0.167 0.051	0.144 0.044	0.161 0.049	0.148 0.045	0.233 0.071	0.249 0.076	0.236 0.072	0.194 0.059	0.207 0.063	0.213 0.065	0.269 0.082	0.282 0.086	0.289 0.088	300	
350	0.131 0.040	0.164 0.050	0.125 0.038	0.141 0.043	0.128 0.039	0.200 0.061	0.217 0.066	0.207 0.063	0.174 0.053	0.190 0.058	0.197 0.060	0.240 0.073	0.253 0.077	0.262 0.080	350	
400	0.131 0.040	0.161 0.049	0.108 0.033	0.125 0.038	0.115 0.035	0.177 0.054	0.194 0.059	0.180 0.055	0.161 0.049	0.174 0.053	0.184 0.056	0.217 0.066	0.233 0.071	0.240 0.073	400	

Fuente: (Asociación nacional de protección contra el fuego, 2008, p. 682)

- k. Finalmente, para el dimensionamiento de los cables restantes se tendrá que realizar los mismos pasos anteriormente desarrollados.

CAPITULO 3

DESARROLLO DE LA SOLUCION

En la figura 13 se muestra el diagrama de bloques del proceso, donde se da inicio con la manipulación y monitorización por medios de la interface HMI y el ordenador en simultaneo y en tiempo real, estos envían información al autómatas el cual la recibe y lo procesa de acuerdo a los parámetros estipulados por el programa introducido en su memoria para luego enviar órdenes a los diferentes actuadores de la planta tomando en consideración la información enviada por los sensores al autómatas quien a su vez envía dicha información a las interface de monitorización.

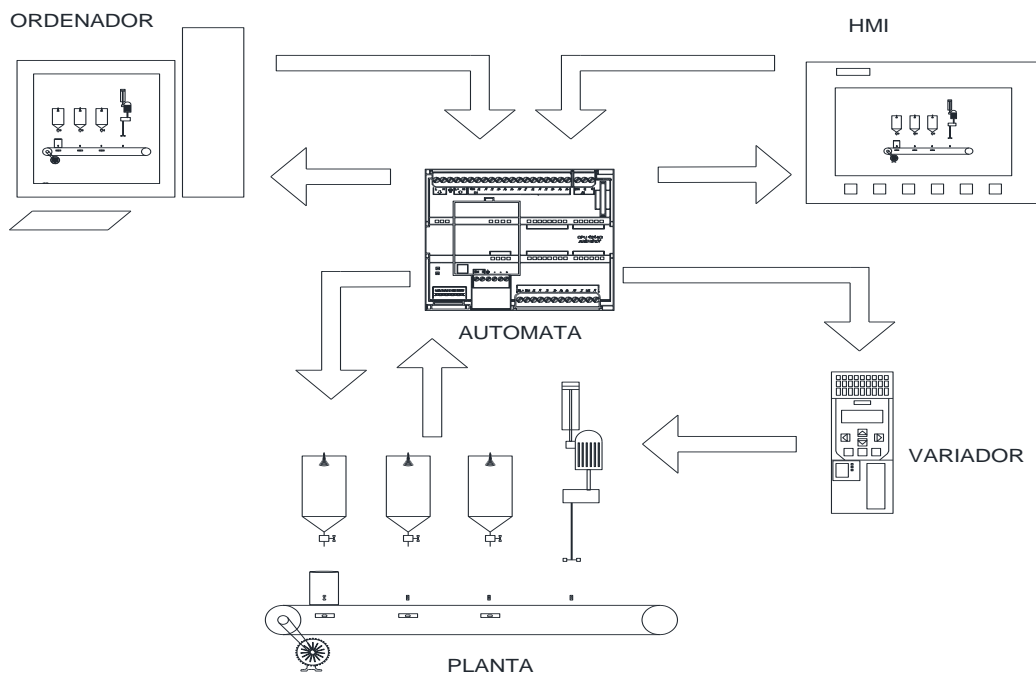


Figura 13. Diagrama de bloques del proceso.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 13 muestra la planta mediante un diagrama de bloques donde indica la interconexión de cada dispositivo con el autómata.

Tabla 13.

Metodología de desarrollo de solución de la tesis.

ANÁLISIS	DISEÑO	SELECCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Dimensionamiento del área de la infraestructura. • Dimensionamiento de las tolvas. • Dimensionamiento de la faja transportadora y cálculo de la potencia del motor. • Parámetros para el pesaje de pintura. • Parámetros para el suministro de pintura. • Cálculo de la potencia del motor del agitador. • Determinar las entrada y salidas del PLCs. • Diagrama de flujo de la programación. • Parámetros para la alimentación eléctrica. • Cálculo de la potencia consumida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de las tolvas de 5000l • Diseño de la faja transportadora. • Diseño eléctrico de la etapa de fuerza. • Diseño del tablero de control. • Diseño de la faja transportadora. • Diseño de los contenedores de 1L, 3L y 5L. • Diseño del diagrama de control – programación 	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de los dispositivos de control. • Selección de los dispositivos de fuerza. • Selección de dispositivos de protección, pulsadores, selectores.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 se muestra la metodología realizada en la tesis donde se inicia con el análisis de cada ítem para luego pasar a su diseño y finalmente realizar la selección de los dispositivos que toman parte del proyecto en función a los análisis y diseños realizados anteriormente.

3.1. Metodología propuesta.

3.1.1. Análisis.

Esta tesis consiste en el Diseño de una Línea de Producción Automatizada para la Fabricación de Pinturas Aplicadas a Vehículos Automotores.

Los principales equipamientos que se necesitan para realizar los objetivos de la tesis son los siguientes:

a. Dimensionamiento del área de la infraestructura.

Toda máquina ocupa un espacio al interior de las empresas, y las superficies o áreas requeridas para su ubicación, según el método de P. F. Guerchet, es hallar la superficie estática, la superficie de gravitación y la superficie de evolución, siendo la suma de estas tres áreas, el área requerida para cada máquina.

- La superficie estática (S_s). viene a ser el área que ocupa la maquina y esta medida en m^2 .
- Superficie de gravitación (S_g). corresponde a área circundante a la máquina que es utilizada por el trabajador y el material acoplado para las diferentes operaciones.

$$S_g = S_s * N$$

Donde N representa el número de lados con los que se puede interactúa con la máquina.

- Superficie de evolución (S_e). Es la superficie que se tiene que mantener entre los diferentes puestos de trabajo para la libre movilización del personal y el mantenimiento de las máquinas.

$$S_e = (S_s + S_g) * k$$

Donde K se desprende de la tabla. 14

Tabla 14.

Coeficiente de dimensionamiento K

Sector/Industria	Coeficiente K
Gran industria, alimentos y evacuación con grúa y puentes.	0.05 a 0.15
Trabajo en cadena con transportadores mecánicos	0.10 a 0.25
Textil – Hilado	0.05 a 0.25
Textil – Tejido	0.5 a 1
Relojería, joyería	0.75 a 1
Pequeña industria mecánica	1,5 a 2
Industria mecánica en general	2 a 3

Fuente: Daniel Yamamura (SCRIBD, sep 01, 2016)

En la tabla 14 muestra los rangos de corrección estandarizados por la unión de las grandes industrias textiles, mecánicas, en general.

Datos:

Equipos a instalar.	Área m ²	S_s	N
Tolva Cian	: 2.56 m ²	2.56 m²	4
Tolva Magenta	: 2.56 m ²	2.56 m²	4
Tolva Amarillo	: 2.56 m ²	2.56 m²	4
Faja transportadora	: 2.7 m ²	2.7 m²	2
Agitador	: 0.032 m ²	0.032 m²	2

Cálculo de la superficie estática S_s.

$$S_g = 2.56 + 2.56 + 2.56 + 2.7 + 0.032 = 10.412 \text{ m}^2$$

$$S_{sT} = 10.412 \text{ m}^2$$

Cálculo de la superficie de gravitación S_g.

$$\text{Tolva Cian} \Rightarrow S_g = 2.56 \times 4 = 10.24 \text{ m}^2$$

$$\text{Tolva Magenta} \Rightarrow S_g = 2.56 \times 4 = 10.24 \text{ m}^2$$

$$\text{Tolva Amarillo} \Rightarrow S_g = 2.56 \times 4 = 10.24 \text{ m}^2$$

$$\text{Faja transportadora} \Rightarrow S_g = 2.7 \times 2 = 5.40 \text{ m}^2$$

$$\text{Agitador} \Rightarrow S_g = 0.032 \times 2 = 0.064 \text{ m}^2$$

$$S_{gT} = 10.24 + 10.24 + 10.24 + 5.40 + 0.064$$

$$S_{gT} = 36.184 \text{ m}^2$$

Cálculo de la superficie de evolución.

$$\text{Tolva Cian} \Rightarrow S_e = (2.56 + 10.24) \times 1.75 = 22.40 \text{ m}^2$$

$$\text{Tolva Magenta} \Rightarrow S_e = (2.56 + 10.24) \times 1.75 = 22.40 \text{ m}^2$$

$$\text{Tolva Amarillo} \Rightarrow S_e = (2.56 + 10.24) \times 1.75 = 22.40 \text{ m}^2$$

$$\text{Faja transportadora} \Rightarrow S_e = (2.7 + 5.40) \times 1.75 = 14.18 \text{ m}^2$$

$$\text{Agitador} \Rightarrow S_e = (0.32 + 0.064) \times 1.75 = 0.168 \text{ m}^2$$

$$S_{eT} = 22.40 + 22.40 + 22.40 + 14.18 + 0.168$$

$$S_{eT} = 81.548 \text{ m}^2$$

$$S_T = S_{sT} + S_{gT} + S_{eT}$$

$$S_T = 10.412 + 36.184 + 81.548$$

$$S_T = 128.144 \text{ m}^2$$

Por lo tanto, el espacio físico que se requiere para la instalación de los dispositivos y equipos que forman parte del sistema de automatización de la línea de producción de pinturas. Es de 128.44 metros cuadrados.

b. Dimensionamiento de las Tolvas.

Para la manufactura de la tolva se usarán dos tipos de acero:

- Acero laminado y conformado S235JR.
- Acero laminado S275JR.

Se usarán perfiles cilíndricos conformados para que el personal tenga la facilidad de limpiar las tolvas, para asegurar una correcta higiene en las instalaciones.

Datos:

Altura del cilindro : 2.0000 m.

Altura del cono : 1.4500 m.

Radio del Cilindro : 0.8005 m.

Radio menor del cono : 0.0075 m.

Diámetro del cilindro : 1.6010 m.

Volumen Total

$$V_T = V_{\text{cilindro}} + V_{\text{cono}}$$

Cálculo del volumen del cilindro V_c

$$V_c = \pi r^2 h$$

$$V_c = \pi * (0.8005)^2 * 2$$

$$V_c = 4.026 \text{ m}^3$$

Cálculo del volumen del cono truncado V_{ct}

$$V_{ct} = \frac{\pi \cdot h (D^2 + d^2 + (D \cdot d))}{12}$$

$$V_{ct} = \pi \cdot \frac{1.45 ((1.601)^2 + (0.015)^2 + (1.601 \cdot 0.015))}{12}$$

$$V_{ct} = 0.98 \text{ m}^3$$

Cálculo del volumen total V_T

$$V_T = V_{cilindro} + V_{cono}$$

$$V_T = 4.026 + 0.98$$

$$V_T = 5.006 \text{ m}^3$$

Cálculo de la presión en el fondo de la tolva.

$$P_v = \frac{\rho g D}{4 \mu k g_c} \left(1 - 10^{\left(-\frac{4 z \mu k}{D} \right)} \right)$$

Donde:

ρ : Densidad del material (kg/m^3)

z : Altura de la tolva (m)

D : Diámetro mayor de la tolva (D_h) (m)

μ : Coef. de fricción (Tangente de θ)

g_c : 1 kg m/ N s^2

g : Gravedad local (ms^{-2})

β : Angulo efectivo de fricción interna

$$P_v = \frac{1650 \times 9.81 \times 1.60}{4 \times 0.20 \times 0.62 \times 1} \times \left(1 - 10^{\left(-\frac{4 \times 3450 \times 0.20 \times 0.62}{1.61} \right)} \right)$$

$$P_v = 52214.52 \text{ Pa}$$

$$P_v = 52.22 \text{ KPa}$$

Cálculo de la presión en la pared de la tolva.

$$P_w = K P_v$$

$$P_w = 0.2 \times 52214.52 \text{ Pa}$$

$P_W = 10442.90 \text{ Pa}$

$P_W = 10.44 \text{ KPa}$

c. Programación

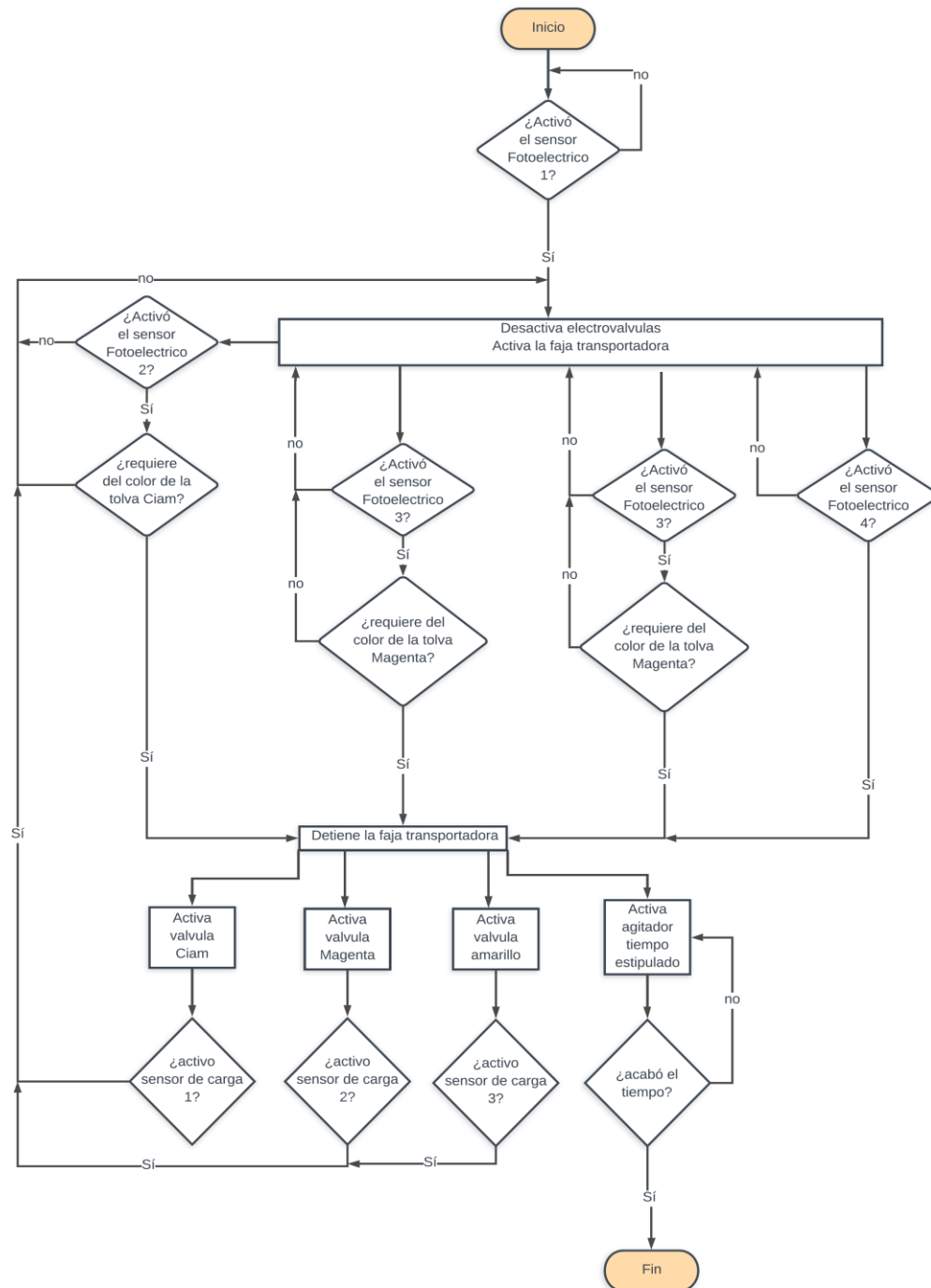


Figura 14. Diagrama de flujo del proceso del sistema.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 14 se muestra el diagrama de flujo donde indica la secuencia del proceso que va a tener la planta.

d. Dimensionamiento de la faja transportadora.

Para dar inicio al diseño una faja transportadora se debe considerar las características del material a trasladar, quiere decir, las dimensiones, la forma, el peso específico, el ángulo de reposo y de sobrecarga.

- Cálculo de parámetros de la faja transportadora.

Para este proyecto se cuenta con una banda transportadora construida de 6m de largo por 0.45m de ancho, para conseguir que funcione eficientemente se recalculará los parámetros de la banda transportadora tomando en consideración las características del elemento a transportar, es decir, las dimensiones, forma, peso específico, ángulo de reposo y de sobrecarga.

Los envases empleados en el proyecto serán de tres diferentes tipos, el envase pequeño tendrá un volumen de 1000 cm³, el envase mediano tendrá un volumen de 3000 cm³ y el envase grande tendrá un volumen de 5000 cm³ los cuales contendrán Pintura y serán transportados por la banda.

- Potencia del motor de banda

$$T_E = T_y + T_x \pm T_z$$

Tensión necesaria para mover la banda sin carga (T_x).

$$T_x = F_x * L_c * G$$

F_x se obtiene de la tabla 3.

L_c = para $L = 19.69$ ft.

$$L_c = 126.03 \text{ ft}$$

Pesos móviles de todas las piezas (G)

$$G = 33 \text{ lb/ft.}$$

Reemplazando valores tenemos que:

$$T_x = 0.035 * 126.03 \text{ ft} * 33 \frac{\text{lb}}{\text{ft}}$$

$$T_x = 145.57 \text{ lb}$$

Tensión necesaria para mover la carga en forma horizontal (TY)

$$T_y = F_y * L_C * Q$$

De acuerdo a la tabla 2 el valor de Fy es:

$$F_y = 0.032$$

Razón de carga (Q):

$$Q = \frac{33.3 * C}{S}$$

Para (Q) se estimará que un envase de 0.005m³. es transportado en dos 2 min. tos hasta el final del proceso.

$$C = 100 \frac{\text{t}}{\text{hr}}$$

Velocidad de la banda:

$$S = 65 \frac{\text{pies}}{\text{min}}$$

Reemplazando valores:

$$Q = \frac{33.3 * 100 \frac{\text{t}}{\text{hr}}}{65 \frac{\text{ft}}{\text{min}}}$$

$$Q = 51.23 \frac{\text{lb}}{\text{ft}}$$

Reemplazando los valores (TY):

$$T_y = 0.04 * 125.83 \text{ ft} * 0.38 \frac{\text{lb}}{\text{ft}}$$

$$T_y = 206.61 \text{ lb}$$

La tensión mínima necesaria para levantar o bajar carga (TZ), en este caso es cero ya que no pendiente.

Tensión efectiva (TE): $T_E = T_x + T_y$

$$T_E = 145.57\text{lb} + 206.61\text{lb}$$

$$T_E = 352.18 \text{ lb}$$

$$T_2 = K * T_e$$

$$T_2 = 1.2 * 352.18$$

$$T_2 = 422.62\text{lb}$$

Tensión General

$$T_1 = T_e + T_2$$

$$T_1 = 352.18 + 422.62$$

$$T_1 = 774.8\text{lb}$$

Tensión Unitaria

$$T_U = \frac{T_1}{\text{ancho de la banda}}$$

$$T_U = \frac{774.8}{17.76} \text{ T}$$

$$T_U = 43.67 \frac{\text{lib}}{\text{pulg}}$$

- Cálculo de la potencia al arranque del motor

Una vez calculada la potencia de trabajo nominal es importante conocer la potencia que el motor requiere al momento del arranque ya que por las acciones que el proceso realiza este debe parar y arrancar continuamente.

Para la potencia al arranque de un motor eléctrico se ha de considerar la potencia nominal en cinco veces permitiendo así conocer el valor necesario para que este arranque con carga.

$$\text{HPm} = \frac{T_E * S}{33000}$$

$$\text{HPm} = \frac{352.18 \text{ lb} * 65 \text{ ft/min}}{33000}$$

$$P = 0.69 \text{ lb/ft/min}$$

Tomando en cuenta la eficiencia aproximada en la reducción de velocidad de un 90% tenemos:

$$HP_m = \frac{0.69}{0.9}$$

HP_m=0.77

Se tomará un motor de 1Hp

P_{max} = 745.7 watts

(Contitech Conveyor Belt Group, 2001)

e. Parámetros para el pesaje de pintura

Este diseño está basado en la obtención de la tonalidad deseada por el usuario en función a la mezclanza de tres colores primarios: cian, magenta y amarillo.

Que irán dosificadas de acuerdo a la proporción que se establece en la paleta de colores de la Figura 15.



Figura 15. Paleta de proporción de colores.

Fuente. Elaboración propia

- La forma de cálculo está dada por la siguiente formula:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde:

$$\rho_{pintura} = 1650 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$5\text{L} = 0.005 \text{ m}^3$$

Para el contenedor de 5L.

$$\frac{m}{0.005\text{m}^3} = 1650 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = 0.005\text{m}^3 \times 1650 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = 8.25 \text{ kg}$$

Para contenedor de 3L

$$m = 0.003\text{m}^3 \times 1650 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = 4.95 \text{ kg}$$

Para contenedor de 1L

$$m = 0.001\text{m}^3 \times 1650 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = 1.65 \text{ kg}$$

Esta masa va a ser dividida entre la proporción que requiere el color.

Tomando como ejemplo el color marrón para un contenedor de 5L.

El color marrón requiere de 2 medidas de cian, 3 medidas de magenta y 5 medidas de amarillo.

Entonces Marrón será :

$$2k + 3k + 5k = 8.25 \text{ kg}$$

$$10k = 8.25 \text{ kg}$$

$$k = 0.825 \text{ kg}$$

por lo tanto, corresponderá a:

Cian 2k = 1.650 Kg.

Magenta 3k = 2.475 Kg.

Amarillo 5k = 4.125 Kg.

Sumados los pesos nos da 8.25kg de color marrón.

f. Autómata PLC (Programmable Logic Controller).

El PLC deberá cumplir con las características que se mencionan a continuación para tener un funcionamiento óptimo.

- El PLC a utilizar tendrá la capacidad para poder monitorear un total de 26 entradas digitales, 6 entradas analógicas y 14 salidas de relé según el levantamiento de información del diseño. en la tabla 15 y tabla 16 se observa la información rescatada:

Tabla 15.

Cuadro de resumen – Entradas digitales

ENTRADAS		
Aplicación_ev_cian	Bool	%I0.2
Aplicación_ev_magenta	Bool	%I0.3
Aplicación_ev_amarillo	Bool	%I0.4
Induct_cian	Bool	%I2.0
Induct_magenta	Bool	%I2.1
Induct_amarillo	Bool	%I2.2
Induct_mezclador	Bool	%I2.3
Induct_fin	Bool	%I2.4
int_5	Bool	%I2.5
Pulsador_marcha	Bool	%I3.0
Pulsador_reset	Bool	%I3.1
Seta_emergencia (NC)	Bool	%I3.2
Modo_manual(NO)	Bool	%I3.3
Modo_auto(NC)	Bool	%I3.4
Pulsador_paro(NC)	Bool	%I3.5
Potenciometro_1	Word	%IW64
Potenciometro_2	Word	%IW66

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 16.

Cuadro de resumen – Salidas Digitales.

SALIDAS		
HO_EV_Cian	Bool	%Q2.0
HI_EV_magenta	Bool	%Q2.1
H2_EV_amarillo	Bool	%Q2.2
H3	Bool	%Q2.3
H4	Bool	%Q2.4
H5_motor_cinta	Bool	%Q2.5
Luz_servicio	Bool	%Q3.0
Luz avería	Bool	%Q3.1
Luz_pulsador_paro	Bool	%Q3.2
Luz_pulsador_marcha	Bool	%Q3.3
Luz_pulsador_reset	Bool	%Q3.4
Voltímetro	Word	%QW80
Palabra_de_control	Word	%QW256
Velocidad	Int	%QW258

Fuente. Elaboración propia.

- La fuente de alimentación del PLC será de 220 VAC.
- Las entradas discretas estarán conectadas a una fuente de 24 VDC.
- El PLC contara con un módulo de comunicación con protocolo Ethernet TCP/IP, para el intercambio de información con los diferentes elementos empleados en el sistema.
- El PLC deberá contar con el soporte técnico actualizado de la empresa quien los comercialice garantizando un stock suficiente de productos afines para futuras modificaciones o ampliaciones del sistema.

g. Pantalla HMI

Se deberá contar una pantalla HMI, el cual contará con las siguientes características:

- La temperatura de operación será de 20°C a 30°C. en función a la temperatura ambiente que se registra en el sistema existente.
- El lugar de montaje será en la parte frontal del tablero de baja tensión para la visualización del estado del proceso en tiempo real, la selección de los diferentes parámetros que se requiere para la producción del lote y la selección del tipo de control ya sea manual o automático en la planta.
- La pantalla HMI deberá contar como mínimo con las siguientes funciones:
 - Tener una Interfase gráfica el cual nos permita ver el proceso e interactuar con él de manera rápida y sencilla.
 - Contar con un registro en tiempo real y un historial de datos.
 - manejo de alarmas.
 - Contar con los drivers de comunicación necesarios.
 - Mantener una funcionalidad homogénea de gama alta con archivos, scripts, visor PDF/Word/Excel, Internet Explorer, Media Player.
 - Contar con un sistema de seguridad de datos en caso de corte de corriente para el equipo.
 - Sencilla transferencia de proyectos a través de cable estándar (cable Ethernet estándar, cable USB estándar).
 - Robustez para trabajar en ambientes en condiciones extremas potencialmente explosivas.
 - Gestión eficiente de la energía.

h. Variador de frecuencia

- EL variador de frecuencia deberá ser elegido en función de la corriente nominal máxima del motor y a máxima demanda de energía eléctrica, mas no en función a la potencia del motor.
- Se utilizará la corriente máxima de demanda para la protección de los componentes electrónicos del variador de frecuencia, ya que, en el arranque constante, la parada y las cargas dinámicas afectan mucho más que el efecto que tienen sobre el bus de potencia local.
- Para el dimensionamiento se tendrá en consideración el perfil operativo de la carga según la demanda del par máximo en lugar de sólo la potencia.
- Deberá contar con un interfaz Ethernet/Ip para la comunicación con los diferentes dispositivos que integran el sistema.

i. Dimensionamiento del Agitador de fluidos.

Cálculo de parámetros de un agitador de fluidos.

- Se requiere lograr una agitación constante con rapidez variable dependiente del tamaño del contenedor para conseguir una mezcla homogénea.
- Et tiempo de operación es un factor importante para el diseño y construcción, el tiempo ideal será determinado en dos ensayos.
- Las dimensiones estarán en relación a las proporciones geométricas de un contenedor cilíndrico. Para un sistema de agitación normal, deben obedecer a las siguientes relaciones matemáticas.

$$\begin{aligned} H / Dt &= 1 & Da / Dt &= 0.33 & E / Dt &= 0.33 \\ &\leq 25^\circ & J / Dt &= 0.1 & f/J &= 0.02 \end{aligned}$$

El diseño del agitador está desarrollado respecto a la tabla N°17 y la figura 17 con las características generales del estanque.

Tabla 17.

Información inicial para el planteamiento de un agitador de fluidos.

Fluido a agitar	Pintura
Densidad del fluido	1650kg/m ³
Viscosidad máxima	5, 17mpa.s
Presión de trabajo	1bar abs.
Temperatura de operación	28°C
Diámetro del contenedor	0.178m
Diámetro de la Hélice	0.120m
Altura del contenedor	127.3mm
Tapa del contenedor	Plano
Fondo	Plano
Altura de relleno	0.178m
Volumen de llenado	0.001m ³

Fuente. Elaboración propia.

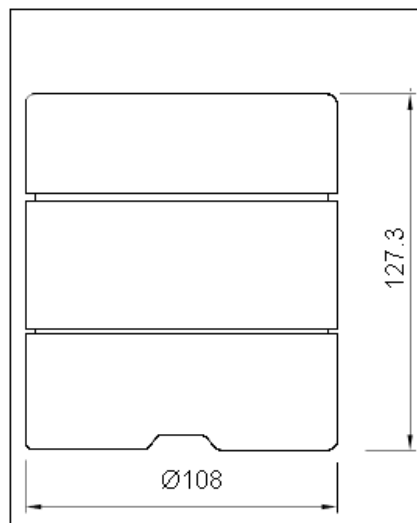


Figura 16. Referencia de un contenedor de 1L de capacidad.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 16. Se muestra las dimensiones que tiene el contenedor que tendrá la capacidad de almacenar en su interior el volumen de un litro

Nota: Elaboración propia.

Para el Bote de 1L:

$$H=0.178 \text{ m}$$

$$Dt=0.178 \text{ m}$$

- Distancia de la base al fondo del impulsor (E)

$$E / Dt=0.33$$

$$E= 0.33 \times 0.178 =0.06\text{m}$$

- Diámetro del impulsor (Da)

$$Da / Dt=0.33$$

$$Da= 0.120 \times 0.178 =0.021 \text{ m}$$

- Cálculo de la potencia entregada por el agitador

Numero de Reynolds (Re)

$$Re = \frac{Nd^2\rho}{\mu}$$

Datos de entrada:

$$\rho= 1650 \text{ kg/m}^3.$$

$$\mu= 5.17 \text{ kg/ms} = 5.17 \text{ cps.}$$

$$N= 1500\text{rpm.}$$

$$d= 0.120 \text{ m.}$$

$$Re = \frac{1500 * (0.120)^2 * 1650}{60 * 5.17 * 10^{-3}} = 114.89 * 10^3$$

Régimen

- Laminar: $Re < 10$
- Transitorio: $300 < Re < 1000$
- Turbulento: $Re > 10000$
- Número de potencia (Np).

$$Fr = \frac{g}{Da N^2}$$

$$Fr = \frac{9.81}{0.120 \times \left(\frac{1500}{60}\right)^2}$$

$$Fr = 0.131$$

El tanque al no contar con deflectores tendrá que contrastarse con el número de froude. Por lo tanto, se asemeja a la curva 21 en donde:

a = 1.7 y b= 18

$$Np = \frac{P \times g}{N^3 D a^5 \rho} \times \left(\frac{g}{N^2 D a}\right)^{\frac{a - \log(Re)}{b}}$$

$$0.8 = \frac{P \times 9.81}{\left(\frac{1500}{60}\right)^3 \times 0.120^5 \times 1650} \times \left(\frac{9.81}{\left(\frac{1500}{60}\right)^2 \times 0.120}\right)^{\frac{1.7 - \log(114.89 \times 10^3)}{18}}$$

$$P = 39.56 \text{ Kgm/s}$$

Se toma en consideración:

Eficiencia del motor = 0.7%

Pérdidas por fricción= 35%

$$P = \frac{39.56 \times 1.35}{0.7} = 76.29 \text{ Kgm/s}$$

$$P = 1.0033 \text{ HP}$$

Por lo tanto, seleccionaremos un motor de 1.5 HP que equivale a 1118.55 watts

(Castillo Ortiz & Villavicencio Arevalo, 2009)

j. Cables

j.1 Cables de instrumentación.

Para el correcto funcionamiento los cables de instrumentación deberán contar con las siguientes características:

- Los cables de instrumentación deberán contar con un apantallamiento de protección serán apantallados de acuerdo a las bases del proyecto.
- Los cables de instrumentación deberán estar diseñados para soportar temperaturas de 30°C
- Los cables de instrumentación deberán estar diseñados para soportar un nivel de tensión de 24 VDC.

j.2 Cables de Fuerza

Para el correcto funcionamiento los cables de fuerza deberán contar con las siguientes características:

- Los cables de fuerza deberán estar diseñados para soportar temperaturas de 30°C.
- Los cables de fuerza deberán estar diseñados para soportar una tensión de 440 VAC.

j.3 Cálculos de Cables

Para dimensionar el calibre de los cables, se ejecutó el siguiente procedimiento:

a. Se consideran los siguientes datos de entrada, para cada carga:

- Potencia (kW), 1 HP = 0.746 x 1 KW.
- Tensión de Servicio (V).
- Factor de potencia ($\cos\Phi$).
- Longitud del Cable (m).

- Temperatura Ambiente (°C).
 - Sistema: 1φ o 3φ.
 - Sistema de media aplicada al conductor: ANSI o IEC.
 - Tipo de canalización (Conduit).
 - Factor de seguridad del diseño.
- b. Se determinará la intensidad de corriente nominal de una carga monofásica |
- c. Se realizará el cálculo para una carga de 2.5kw.

$$In = \frac{P}{V \times \cos\phi \times n}$$

$$In = \frac{P}{220 \times 0.8 \times 0.99}$$

$$In = 13.38A$$

- d. Calculando la corriente de diseño.

$$Id = 1.25 \times In$$

$$Id = 1.25 \times 13.38$$

$$Id = 16.73A$$

- e. En función a la corriente de diseño se selecciona el tipo de conductor eléctrico, la temperatura de operación y el número de ternas N.

Para la capacidad de los cables (IC) ver Tabla 7, donde nos muestra que el cable admite hasta 15 A cumpliendo con la capacidad de corriente.

$$I_{ef} = I_c \times K_T \times N > I_d$$

- f. A continuación, se determinará el factor de corrección total (KT) del cable seleccionado. Para instalación en tuberías
- Para hallar el factor de corrección se deberá considerar el tipo de instalación:

En planta el nivel de temperatura oscila entre 20°C y 30°C, considerando la temperatura más crítica (30°C) nos dirigimos a la tabla 9 donde nos muestra que el factor de corrección de temperatura (Kta) es 1

Del mismo modo hallaremos el Factor de corrección por Agrupamiento (Kn1) tomando como referencia el tipo de cable Unipolar o Multiconductor, nos dirigimos a la tabla 10 donde nos muestra que $Kn1 = 1$.

Habiendo hallado los factores de corrección Kta y Kn1, se calculará el Factor de corrección del conductor (KT) que viene a ser el producto de todos los factores de corrección.

$$KT = Kta \times Kn1$$

$$Kta = 1 \text{ y } Kn1 = 1$$

$$KT = 1 \times 1 = 1$$

- g. Teniendo los valores de la de I_c y KT calcularemos la corriente admisible efectiva (I_{efec})

$$I_{efec} = I_c \times KT$$

$$I_c = 35 \text{ A según Tabla 7}$$

$$KT = 1$$

Reemplazando

$$I_{efec} = I_c \times KT$$

$$I_{efec} = 35 \times 1$$

$$I_{efec} = 35$$

- h. Con el resultado obtenido se hará la verificación de que la capacidad de Corriente Admisible Efectiva cumpla con ser mayor que la Corriente de diseño.

$$I_{efec} > I_d$$

$$I_{efec} = 35 \text{ A}$$

$$I_d = 16.73 \text{ A}$$

- i. Si no se cumple la condición que $I_{efec} > I_d$ entonces se procederá a seleccionar la sección inmediata superior, hasta que cumpla con la condición establecida.
- j. Habiendo Seleccionado el calibre del cable, hallaremos la Impedancia Efectiva (Z) o los Valores R y X de la Tabla N° 11 (National Fire Protection Association, 2008, p. 682), y conociendo el número de Ternas N se procederá con el cálculo del voltaje, que será menor a 4 % del voltaje de distribución y 2.5 % para la tensión de utilización. En caso supere este Valor, se pasará a tomar la sección inmediata superior hasta cumplir con este requerimiento.

Carga monofásica:

Reemplazando

$$I_n = 13.18 \text{ A}$$

$$L = 20 \text{ m}$$

$$Z = 5.6 \text{ (ohm/km)}$$

$$N = 1$$

$$V_{CT1\phi} = \frac{2 \times I_n \times L \times Z}{N}$$

Remplazando los valores obtenemos

$$V_{CT1\phi} = 2.9977$$

La impedancia (Z) eficaz se define como $R \cos(\theta) + X \sin(\theta)$

ohm/ km

$$\%V_{CT} = \frac{V_{CT}}{V_{SERVICIO}} < 2.5\%$$

Reemplazando

$$\%V_{CT}=1.3626$$

k. Tableros eléctricos.

Los tableros que se usaran en el diseño son los siguientes:

Tableros adosados metálicos:

Este tablero será instalado en un lugar de fácil acceso para el operador y deberán contar con las siguientes características:

- El material será metálico acero inoxidable, adosable en pared.
- El grado de protección será IP65 e IP66.
- Las cerraduras serán adaptables a todas las aplicaciones.
- El tamaño será de 10.6*0.40*0.003 m. (Alt*Anc*Pro).

Fuente de Alimentación

Las fuentes de alimentación tendrán las siguientes características:

- Las fuentes de alimentación serán instaladas en un riel DIN.
- La fuente será suministrada por una tensión de entrada de 220 - 110 VAC de acuerdo al nivel de tensión existente en obra.
- Las fuentes de alimentación tendrán un nivel de tensión de salida de 24 VDC de acuerdo a la lógica de cableada a implementar para el sistema de protección eléctrica.
- Las fuentes de alimentación trabajaran a una frecuencia de 60 Hz (de acuerdo a la frecuencia del sistema eléctrico existente).

I. Potencia en la Acometida

La acometida es la conexión desde el sistema de distribución eléctrica hacia nuestra nave. La acometida que se usara es de corriente de tres fases sin neutro de 400V

$$POTENCIA_{Tot.} = POTENCIA_{MOTOR\ CINTA} + POTENCIA_{MOTOR\ MEZCLADORA}$$

$$Potencia\ Tot=745.7\ w + 118.55w$$

potencia Tot=1864.25w

m. Alimentación 400 Vac

La línea de potencia de la planta será energizada por una tensión alterna trifásica de 400 V.

n. Alimentación 230 Vac.

La tensión alterna de 230 V. se conseguirá al tomar una fase y un neutro, matemáticamente está representado por la razón de la tención alterna de 400v con respecto a la raíz cuadrada de 3.

$$\frac{400}{\sqrt{3}} = 230 Vac$$

o. Alimentación 24 Vdc.

La tensión continua de 24 V esta suministrada por la fuente embebida en el PLC-S71200 y mediante la fuente complementaria PM1207 Siemens instalada en el gabinete. Esta línea será protegida por un interruptor termomagnético unipolar.

La fuente DC embebida en el PLC-S71200 energiza pulsadores, leds y zeta de emergencia.

La fuente de alimentación adicional PM1207 energiza con corriente directa de 24 V los sensores y actuadores como: fotocélulas, electroválvulas, y el sistema de mando del gabinete.

p. Plano eléctrico.

Es el esquema de un conjunto de conexiones que representan mediante símbolos los diferentes circuitos que componen y definen una instalación eléctrica, la cual proporciona información detallada de las características de los materiales y dispositivos existentes.

En nuestro proyecto consta de la entrada de red trifásica de 400Vac los cuales van conectados a un interruptor magnetotérmico de 40A que protegerá el cableado de toda la red interna, acompañado de un

interruptor diferencial electromecánico de 40A que protegerá la integridad física de los operarios, en función al análisis realizado en el apartado 3.1.1.i y 3.1.1.j3.

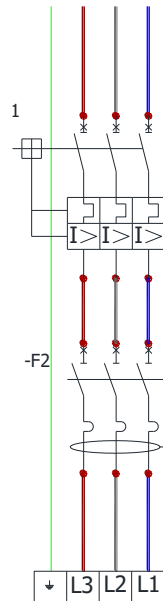


Figura 17. Diagrama unifilar del ingreso de la línea trifásica de la red.

Fuente: Elaboración propia.

Luego este va a conectar al motor de la faja transportadora y al variador de velocidad mediano mediante las protecciones de interruptores electromagnéticos contactores y disyuntores los cuales accionaran los motores M1 Y M2 respectivamente.

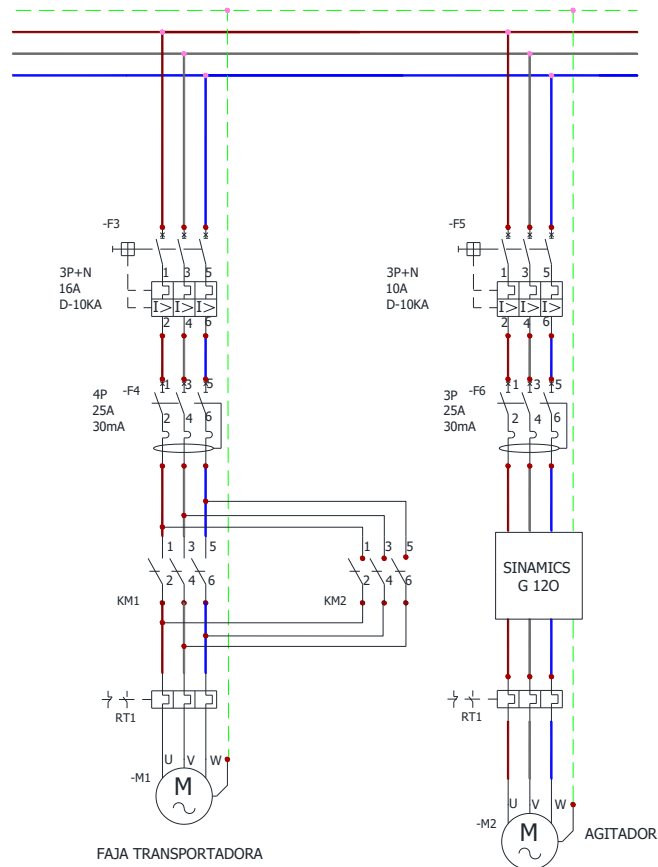


Figura 18. Diagrama unifilar de conexionado del motor de la faja transportadora y el variador de frecuencia a la red trifásica interna.

Fuente: Elaboración propia.

Se realiza una derivación a un sistema monofásico del cual estarán protegidos por interruptores electromagnéticos de 10A y disyuntores de protección de 25A de acuerdo con el análisis de potencia y sección de cables desarrollados en los apartados 3.1.1.i y 3.1.1.j3 respectivamente, los cuales estarán conectados los dispositivos de control como el autómeta.

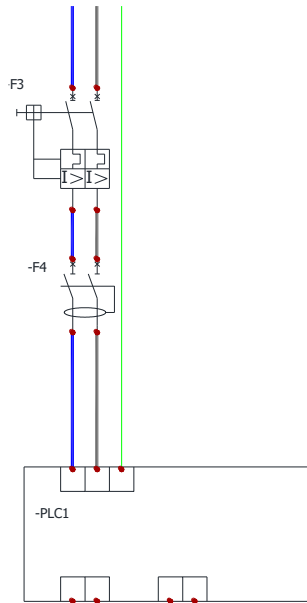


Figura 19. Diagrama unifilar de conexión del autómata a la derivación monofásica de la red.

Fuente: Elaboración propia.

q. Diagrama P&ID

Los diagramas P&IDs son una representación gráfica de la ubicación de los diferentes dispositivos de control a lo largo del ensamblaje de cañerías que cuenta el sistema y de gran importancia para el mantenimiento y modificación del proceso que representan gráficamente. En la etapa de diseño, el diagrama ofrece los principios para la elaboración de gráficos de control del sistema, como el Análisis de Riesgos y Operabilidad (HAZOP, por sus siglas en inglés).

Para la planta de procesamiento, se trata de una representación gráfica de:

- Los detalles clave de las tuberías e instrumentación
- Los esquemas de control y apagado

-
- The diagram illustrates a chemical process with the following components and connections:
- Reactor:** A large vertical vessel with a conical bottom. It receives input from the top and has a single output from the bottom.
 - Distillation Column 1 (Top):** A vertical column with a reboiler at the bottom and a condenser at the top. It has two side streams.
 - Top Product:** Labeled **LC 123** in a circle. It is connected to a control loop involving a controller **LC** (diamond with a triangle and '0'), a sensor **S** (square), and a final control element **FT 123** (circle). The sensor measures the top product flow, and the controller adjusts the reboiler heat input.
 - Side Stream 1:** Labeled **SV 123** in a circle. It is connected to a control loop involving a sensor **S** (square) and a final control element **FT 123** (circle). The sensor measures the side stream flow, and the controller adjusts the reboiler heat input.
 - Distillation Column 2 (Bottom):** A vertical column with a reboiler at the bottom and a condenser at the top. It has two side streams.
 - Bottom Product:** Labeled **LC 123** in a circle. It is connected to a control loop involving a controller **LC** (diamond with a triangle and '0'), a sensor **S** (square), and a final control element **FT 123** (circle). The sensor measures the bottom product flow, and the controller adjusts the reboiler heat input.
 - Side Stream 2:** Labeled **SV 123** in a circle. It is connected to a control loop involving a sensor **S** (square) and a final control element **FT 123** (circle). The sensor measures the side stream flow, and the controller adjusts the reboiler heat input.
 - Control Loops:**
 - Top Product Flow Control:** A feedback loop where the top product flow is measured by a sensor **S**, compared by a controller **LC** (setpoint 0), and the error signal is sent to a final control element **FT 123** to adjust the reboiler heat input.
 - Side Stream 1 Flow Control:** A feedback loop where the side stream 1 flow is measured by a sensor **S**, compared by a controller **LC** (setpoint 0), and the error signal is sent to a final control element **FT 123** to adjust the reboiler heat input.
 - Bottom Product Flow Control:** A feedback loop where the bottom product flow is measured by a sensor **S**, compared by a controller **LC** (setpoint 0), and the error signal is sent to a final control element **FT 123** to adjust the reboiler heat input.
 - Side Stream 2 Flow Control:** A feedback loop where the side stream 2 flow is measured by a sensor **S**, compared by a controller **LC** (setpoint 0), and the error signal is sent to a final control element **FT 123** to adjust the reboiler heat input.
 - Inputs and Outputs:**
 - Inputs:** **LT 123** (level transmitter) to the reactor; **VIC 123** (vapor inlet controller) to the top of the first distillation column; **ZI 123** (zero inlet) and **IW 123** (inlet weight) to the bottom of the second distillation column.
 - Outputs:** **FT 123** (flow transmitter) from the bottom of the first distillation column; **SV 123** (side stream) from the side of the first distillation column; **SV 123** (side stream) from the side of the second distillation column; **LC 123** (level controller) from the bottom of the second distillation column.

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Diseño.

83

instrumentación que consta del suministro de un tablero de control instalado dentro de la planta de producción de pinturas, 3 tolvas de 5000L cada uno, los cuales contendrán la pintura de colores primarios según corresponda, una faja transportadora la cual transportara los contenedores con capacidad para 1 L, 3L y 5L según lo requerido y un agitador de fluidos de baja viscosidad el cual realizara la mezcla de los colores primarios vertidos para finalmente conseguir tras una mezcla homogénea el color requerido.

Los dispositivos electrónicos y electromecánicos serán cableados hacia el PLC del tablero de control. Para ello se implementarán tuberías Conduit del tipo EMT, dentro de la planta de producción de pintura de acuerdo a la norma NEC 2008.

Este sistema está diseñado con la finalidad de minimizar los tiempos muertos atribuidos al operador, como también los errores en el proceso, en el matizado, en la carga de materias primas y el sobre consumo de energía eléctrica.

a. Descripción del sistema.

Este diseño está basado en la obtención de la tonalidad deseada por el usuario en función a la mezcolanza de los tres colores primarios: Magenta, Amarillo y Cian.

Para ello se realizará el automatismo de una máquina de llenado y mezcla de pintura, en contenedores de 3 medidas, seleccionando el color de su preferencia desde una interface.

Se hará uso del dispositivo Siemens HMI KTP1000PN desde el cual se podrá gestionar la tonalidad y dimensiones del contenedor requerido (1, 3 o 5L), de igual forma se podrá personalizar tonalidades que no estén pre establecidas en la base de datos del autómatas, seleccionando la cantidad de color requerido, tiempo de mezcla y velocidad respectiva. Toda esta información será transmitida al autómatas Siemens S7-1214 DC/AC/RLY.

Iniciado el sistema, se suministrará a la cadena de producción con contenedores vacíos los cuales serán transportados por debajo de las tolvas que contienen los colores primarios respectivamente. Cuando el sensor fotoeléctrico situado en la parte lateral de la faja transportadora, debajo de cada electroválvula detecte un contenedor de pintura, se detendrá la banda transportadora y se dará comienzo al abastecimiento de pintura en el contenedor hasta que la balanza electrónica pese la cantidad pre establecida, produciéndose el cierre de la electroválvula y activándose nuevamente la banda transportadora. De no requerirse el color primario en el proceso la banda transportadora no se detendrá en la estación de dicho color pasando al siguiente color primario.

En cuanto el contenedor tenga las cantidades de los colores primarios establecidos, pasara a la siguiente etapa que es la de mezclado, un agitador controlado por el variador de velocidad de la marca Sinamics G120, controlara los diversos parámetros de velocidad y tiempo conforme a las dimensiones del contenedor requerido. A mayor dimensión del contenedor corresponderá mayor velocidad y por ende mayor tiempo de mezclado.

En el dispositivo HMI KTP1000 NP se crearán tres tipos de pantallas:

- Proceso: esta pantalla nos mostrara en tiempo real la ejecución de todo el proceso.
- Alarma: esta pantalla nos muestra en tiempo real el nivel de pintura en las tolvas de 5000 L a través de sensores de ultra sonido los cuales informaran cuando el nivel de estos sea bajo.
- Producción: esta pantalla nos permitirá visualizar el estado de la producción mostrando las cantidades, colores y tamaños.

- Tanto el autómatas, HDMI y variador de frecuencia estarán intercomunicadas por medio de la red Ethernet, mediante el switch CSM 1227.

b. Estructura del diseño:

Se contará con tres tolvas de 5000L cada una las cuales contendrán los colores primarios, estas estarán situados encima de la banda transportadora, con una electroválvula que controlara mediante su apertura y cierre el llenado de los contenedores, acompañado de un sensor ultrasónico, para estar informados en tiempo real del nivel de pintura que contiene la tolva.

En la primera tolva correspondiente al color Cian llevará instalado en su interior un sonar cuyo transmisor enviará al autómatas una señal analógica con el rango de 0 a 10V proporcional al nivel de pintura existente en la tova de 0 a 5000 L.

También se instalará una electroválvula NC 2/2 monoestable V1 quien controlará mediante la apertura y cierre el flujo de pintura para el llenado de los diferentes contenedores.

En la segunda tolva correspondiente al color Magenta llevará instalado en su interior un sonar cuyo transmisor enviará al autómatas una señal analógica con el rango de 0 a 10V proporcional al nivel de pintura existente en la tova de 0 a 5000 L.

También se instalará una electroválvula NC 2/2 monoestable V1 quien controlará mediante la apertura y cierre el flujo de pintura para el llenado de los diferentes contenedores.

En la tercera tolva correspondiente al color Amarillo llevará instalado en su interior un sonar cuyo transmisor enviará al autómatas una señal

analógica con el rango de 0 a 10V proporcional al nivel de pintura existente en la tova de 0 a 5000 L.

También se instalará una electroválvula NC 2/2 monoestable V1 quien controlará mediante la apertura y cierre el flujo de pintura para el llenado de los diferentes contenedores.

Se dispondrá de una faja transportadora impulsada por un motor trifásico de 400/230V a través de un contactor tripolar para el desplazamiento de los contenedores.

En la parte lateral de la banda transportadora se instalarán 5 sensores fotoeléctricos reflexivos de 24 VDC donde el emisor y receptor van en un mismo encapsulado el cual el emisor lanza un haz de luz infrarrojo de 860nm que al rebotar en el objeto reflexivo es registrado por el receptor, al producirse la interferencia del haz de luz se accionará el cual hará que se detenga el motor que impulsa la banda transportadora en 5 estaciones: Debajo del tanque que contiene el color cian.

- Debajo del tanque que contiene el color amarillo.
- Debajo del tanque que contiene el color Magenta.
- Debajo del mezclador.
- Al final de la banda transportadora al final de proceso.

Se instalará una balanza electrónica (celda de carga) debajo de la lona de la banda transportadora, la cual enviará una señal análoga con el rango de 0 a 10V proporcional al peso del contenedor con la pintura de 0 a 5 Kg. Terminando el proceso de llenado del contenedor pasará a la siguiente etapa que es la de mezclado, un motor asíncrono trifásico de 400/230V de velocidad variable gobernado por el variador de velocidad Sinamics G120 será el encargado de realizar la mezcla con los parámetros establecidos de velocidad y tiempo.

El agitador se deslizará automáticamente al interior del contenedor de pintura accionado por un actuador neumático.

El agitador estará ubicado sobre la banda transportadora y a 60 cm. Después de la tercera tolva.

El esquema eléctrico está diseñado para proveer de energía eléctrica a toda la instalación.

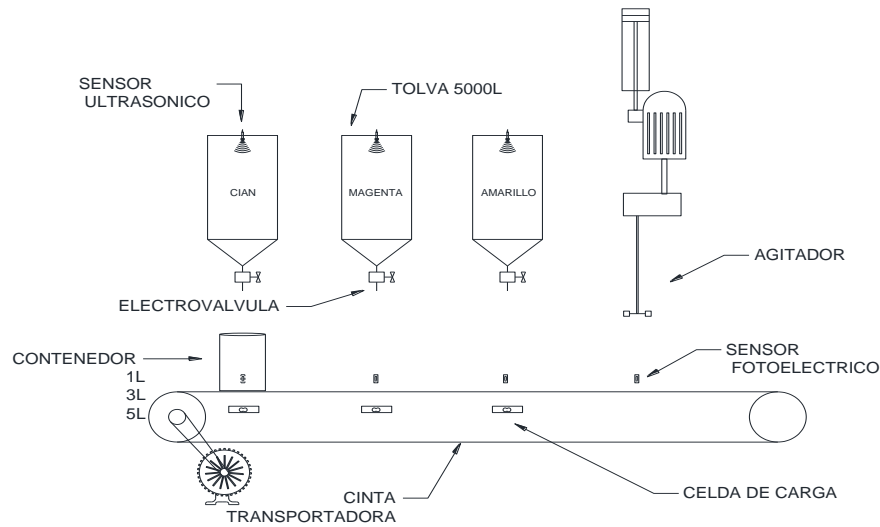


Figura 21. Representación gráfica de la planta.

Fuente: Elaboración propia

La figura 21. Señala los dispositivos mecánicos, eléctricos y electromecánicos que participan en el diseño de la automatización de la línea de producción de pinturas aplicadas a vehículos automotores

Para un mejor entendimiento del diseño de automatización del sistema de producción de pinturas aplicadas a vehículos automotores se hizo necesario seccionarlo en 3 partes, según se detalla:

- Tabla de distribución.
- Diagrama de conexionado.
- Diagrama de montaje.

c. Tabla de Distribución

Esta tabla se elabora con la finalidad de indicar todas las señales que son cableadas hacia el PLC del tablero de control, asimismo estas señales son visualizadas en la pantalla HMI instalada en la puerta del tablero de control.

Estas señales se pueden visualizar en el listado que se presenta en la tabla 18. donde se puede observar la descripción de cada señal y la cantidad de espacios libres para futuras modificaciones o ampliaciones que se puedan realizar.

Tabla 18.

Listado de señales cableadas al PLC.

ENTRADAS			MARCAS		
Aplicación_ev_cian	Bool	%I0.2	Nivel_cian_bajo	Bool	%M5.0
Aplicación_ev_magenta	Bool	%I0.3	Nivel_magenta_bajo	Bool	%M5.1
Aplicación_ev_amarillo	Bool	%I0.4	Nivel_amarillo_bajo	Bool	%M5.2
Induct_cian	Bool	%I2.0	M_ev_cian	Bool	%M7.0
Induct_magenta	Bool	%I2.1	M_ev_magenta	Bool	%M7.1
Induct_amarillo	Bool	%I2.2	M_ev_amarillo	Bool	%M7.2
Induct_mezclador	Bool	%I2.3	Peso_escalado	Real	%MD20
Induct_fin	Bool	%I2.4	Peso_cian_manual	Real	%MD24
int_5	Bool	%I2.5	Peso_magenta_manual	Real	%MD28
Pulsador_marcha	Bool	%I3.0	Peso_amarillo_manual	Real	%MD32
Pulsador_reset	Bool	%I3.1	Peso_cian+magenta_manual	Real	%MD36
Seta_emergencia (NC)	Bool	%I3.2	Peso_cian+magenta+amarillo_manual	Real	%MD40
Modo_manual(NO)	Bool	%I3.3	Nivel_tanque_cian	Real	%MD48
Modo_auto(NC)	Bool	%I3.4	Nivel_tanque_magenta	Real	%MD52
Pulsador_paro(NC)	Bool	%I3.5	Nivel_tanque_amarillo	Real	%MD56
Potenciometro_1	Word	%IW64	Registro_botes_total	Int	%MW60
Potenciometro_2	Word	%IW66	Registro_botes_5L	Int	%MW62
SALIDAS			Registro_botes_3L	Int	%MW64
HO_EV_Cian	Bool	%Q2.0	Registro_botes_1L	Int	%MW66
HI_EV_magenta	Bool	%Q2.1	Velocidad_izq	Word	%MW70
H2_EV_amarillo	Bool	%Q2.2	Velocidad_dcha	Word	%MW72
H3	Bool	%Q2.3	Tiempo_mezclado	Time	%MD74
H4	Bool	%Q2.4	M_azul	Bool	%M200.0
H5_motor_cinta	Bool	%Q2.5	M_rojo	Bool	%M200.1
Luz_servicio	Bool	%Q3.0	M_verde	Bool	%M200.2
Luzaveria	Bool	%Q3.1	M_naranja	Bool	%M200.3
Luz_pulsador_paro	Bool	%Q3.2	M_marron	Bool	%M200.4
Luz_pulsador_marcha	Bool	%Q3.3	M_negro	Bool	%M200.5
Luz_pulsador_reset	Bool	%Q3.4	M_amarillo	Bool	%M200.6
Voltimetro	Word	%QW80	M_5L	Bool	%M201.0
Palabra_de_control	Word	%QW256	M_3L	Bool	%M201.1
Velocidad	Int	%QW258	M_1L	Bool	%M201.2
			M_variador	Bool	%M201.3
			M_inicio_proceso(pantalla)	Bool	%M202.0
			M_mov_bote	Word	%MW203
			Mezclado_1L	Bool	%M501.4
			Mezclado_3L	Bool	%M501.5
			Mezclado_5L	Bool	%M501.6
			Mezclado_manual	Bool	%M501.7

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 18 está diseñada en función a los dispositivos electrónicos, mecánicos, electromecánicos y de automatización, siendo estos últimos los de mayor cuidado tanto al momento de transportarlo como al instalarlo, por lo que en la figura 23. se muestra con mayor detalle cada uno de los

equipos. El diseño se realiza en función al análisis realizado considerando datos técnicos, informativos, de seguridad e integración a continuación se describen cada uno de ellos:

- 01 riel DIN fijado en la parte interior, posterior del gabinete mediante tornillos del tipo "rosca chapa".
- 01 Fuente de alimentación con voltaje de entrada de 220 VAC de acuerdo al nivel de tensión existente en la planta de producción de pinturas.
- 01 PLC con interface Ethernet TCP/IP, 14 entradas discretas y 2 entradas analógicas
- 01 módulo de 16 entradas discretas.
- 01 módulo de 4 entradas analógicas.
- 01 switch de 4 puertos de interface Ethernet/IP.

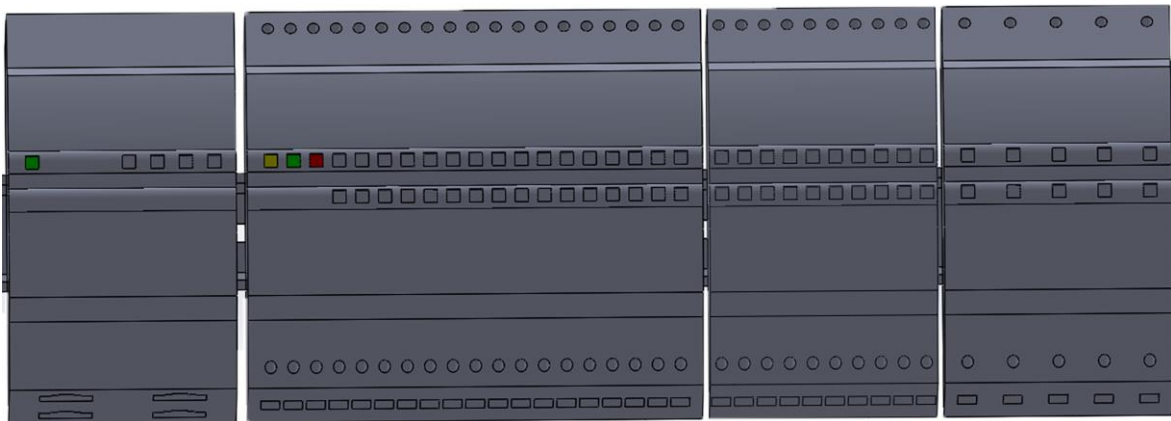


Figura 22. Equipamiento de automatización.

Fuente: Elaboración propia.

En todo proyecto los dispositivos de control precisan de un análisis más detallado al momento de realizar el diseño, ya que son estos quienes van a ejecutar la lógica del sistema, si estos dispositivos fallan, todo el sistema se verá afectado.

Siguiendo con el análisis de los dispositivos de control que comprende el automatismo de la cadena de fabricación, en la figura 23. se aprecia el dispositivo switch que cuenta con puertos de comunicación los cuales se utilizaran para determinadas funciones según se detalla a continuación:

Mencionando de izquierda a derecha tenemos:

- 01 switch con 4 puertos Ethernet TCP/IP.
- 01 CPU con puerto Ethernet TCP/IP, por el cual se comunicará el PLC a través del switch con la pantalla HMI ubicado en la tapa del tablero de control de la planta.
- 01 variador de frecuencia que se comunicara a través del switch con el PLC.

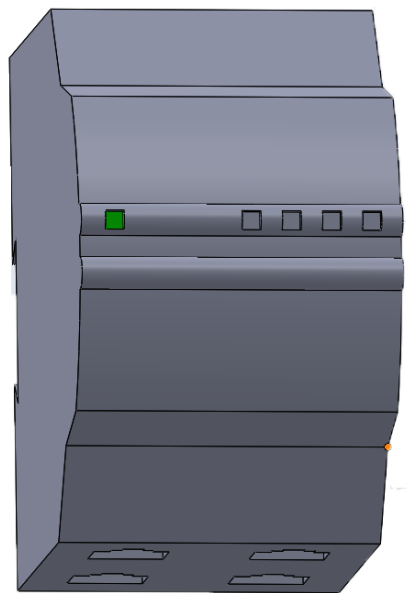


Figura 23. Módulo de comunicación.

Fuente: Elaboración propia.

d. Diagrama de Conexionado.

El diagrama de conexionado es un plano de conexiones que se realiza con la finalidad de instruir de manera correcta al personal calificado encargado de la instalación.

Los planos brindaran la información técnica necesaria para una correcta instalación.

En la figura 25. observamos que la tensión de alimentación tanto al PLC como a los demás dispositivos de control es de 220Vac y 24Vdc.

Asimismo, en el anexo L se muestra con mayor detalle

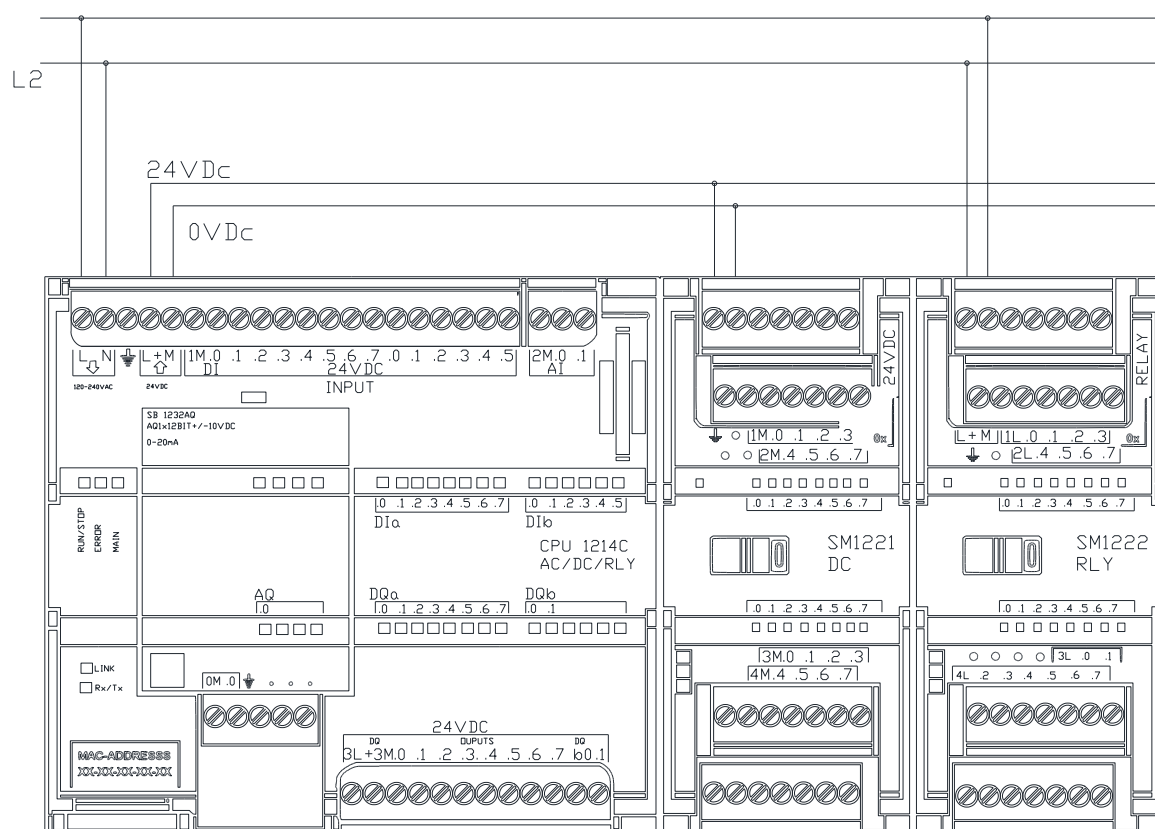


Figura 24. Alimentación de PLC en tablero de control.
Fuente: Elaboración propia.

Se dispondrá de un transformador de 230V Ac a 24 VDC para el suministro de energía a las entradas y salidas digitales.

e. Diagrama de Montaje.

Es una guía con contenido gráfico que nos muestra una secuencia de pasos a seguir dentro de un procedimiento, donde nos muestra de forma clara y detallada las diferentes conexiones que tendrá el sistema representandolos mediante simbologías en función de su naturaleza.

Este diagrama esta diseñado con la finalidad de asegurar una correcta utilización del equipamiento eléctrico y de automatización en el interior del tablero, tomando como referencia los manuales brindados por el fabricante y las normas IEC 60439-1.

En la figura 25. se muestra la ubicación de los equipos eléctricos y electrónicos en el interior del tablero, respetando las separaciones entre dispositivos recomendadas por lo manuales proporcionados por los fabricantes.

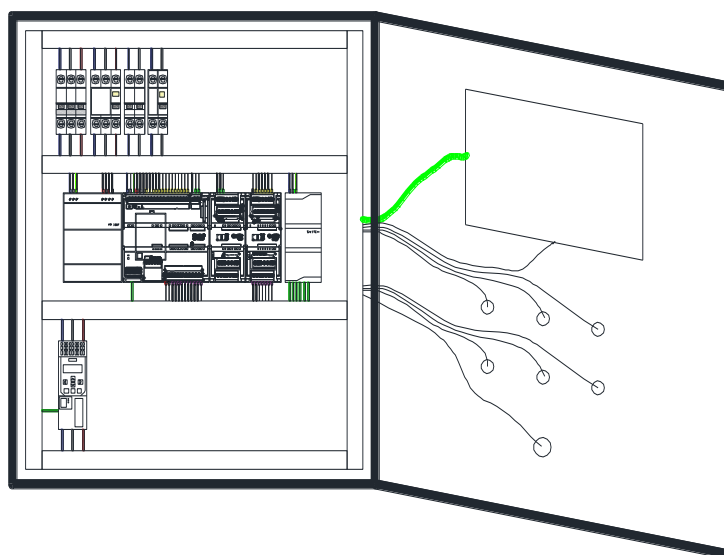


Figura 25. Tablero de control parte interior.

Fuente: Elaboración propia.

La configuración del tablero estará compuesta por los siguientes dispositivos:

En la parte superior del tablero se instalará los dispositivos de fuerza que estará conformado por:

- Un conmutador Omnipolar exterior de corte en carga.
- Un conmutador magnetotérmico para el circuito de fuerza 4P/10A/6KA.
- Un disyuntor tetrapolar de 25A para el circuito de Fuerza.
- Un disyuntor bipolar de 25A para el circuito de control.
- Dos conmutadores termomagnéticos bipolares de 6A para el circuito de control.
- Un conmutador termomagnético bipolar de 16A para enchufes.
- Una base de clavijas SCHUKO.

En la parte central del tablero se encontrarán los dispositivos de control:

- PLC.
- Switch con 4 puertos Ethernet/IP.
- Módulo de ingresos digitales.
- Módulo de ingresos analógicas.
- Voltaje de alimentación de 24VDc.
- Variador de frecuencia.
- Relés encapsulados de control

Finalmente, en la parte inferior ira una barra de puesta a tierra acompañado de borneras de conexión respetando la información técnica de cada dispositivo.

En la figura 26. se puede observar las medidas del tablero y sus accesorios de montaje, los cuales tendrán que ser tomados en cuenta para el momento

de su instalación, el tipo de instalación del tablero será de forma adosada en una de las paredes internas de la subestación eléctrica. Así mismo esta se encuentra en el anexo J

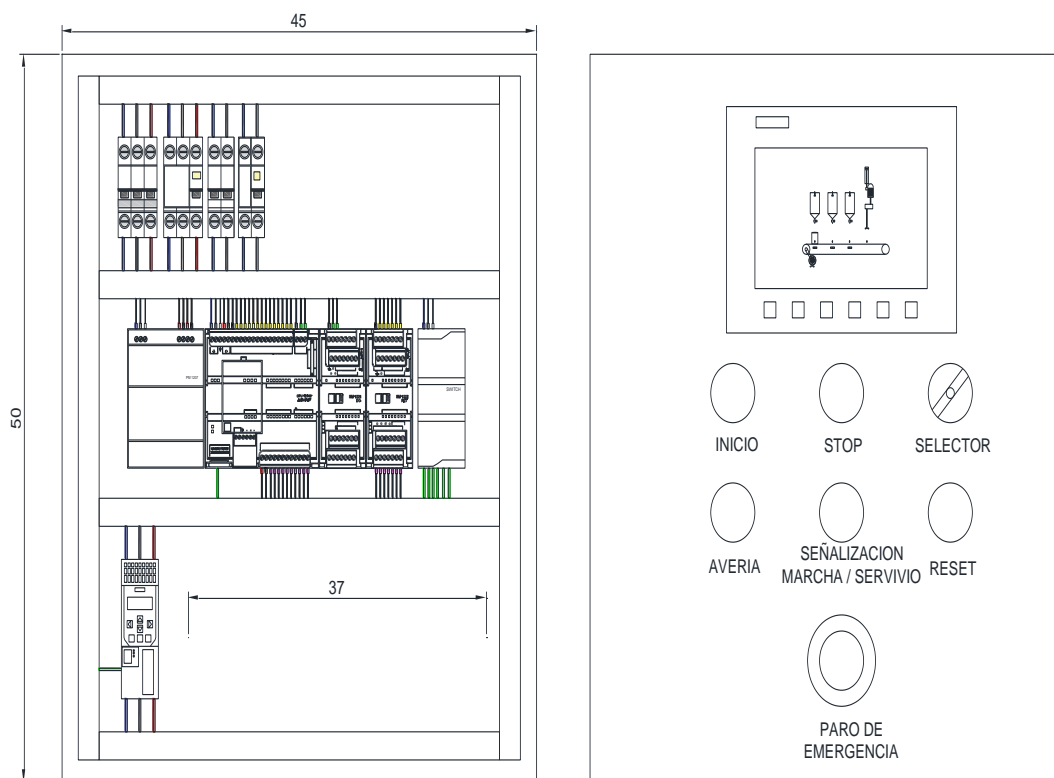


Figura 26. Tablero de control, parte exterior.

Fuente: Elaboración propia.

El panel de control cuenta con espacio de reserva, el cual el cliente podrá hacer uso de el para futuras modificaciones o trabajos de ampliación cuando lo requiera.

f. Diagrama de control - Programación

En el presente diseño se realiza la programación de acuerdo al diagrama de flujo de la figura 14. en la cual se menciona punto a punto los detalles que deben ser transcritos en lenguaje ladder en el PLC S7-1200 1214 AC/DC/RLY en la plataforma TIA portal V13.

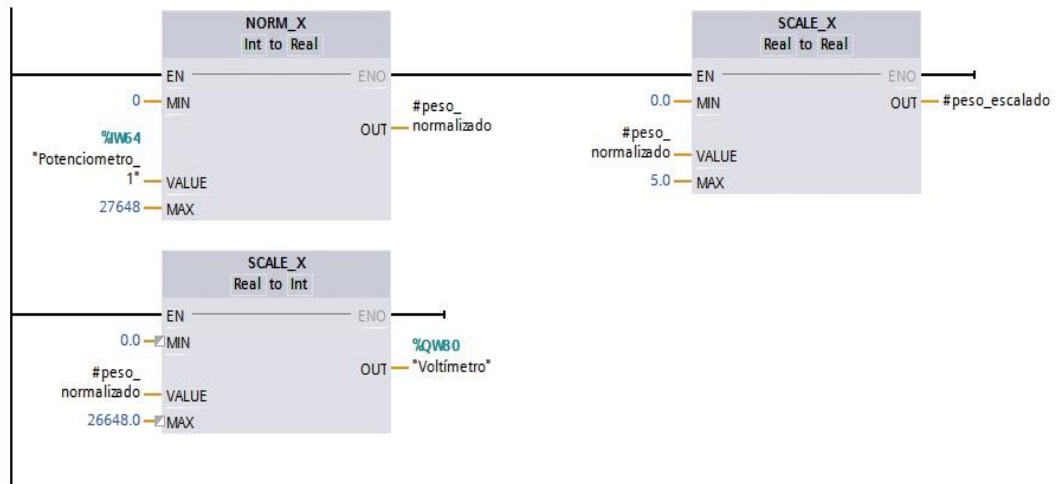


Figura 27. Normalizado y escalado de las entradas analógicas

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 27, se observa el normalizado de las variables de nivel de tanques en función a las medidas de las tolvas según el diseño en el apartado 3.1.1.a, del análisis de las tolvas con el voltaje de 0 a 10V de las entrada analógicas. La cual se verá con mayor detalle del consolidado de la programación en el anexo C

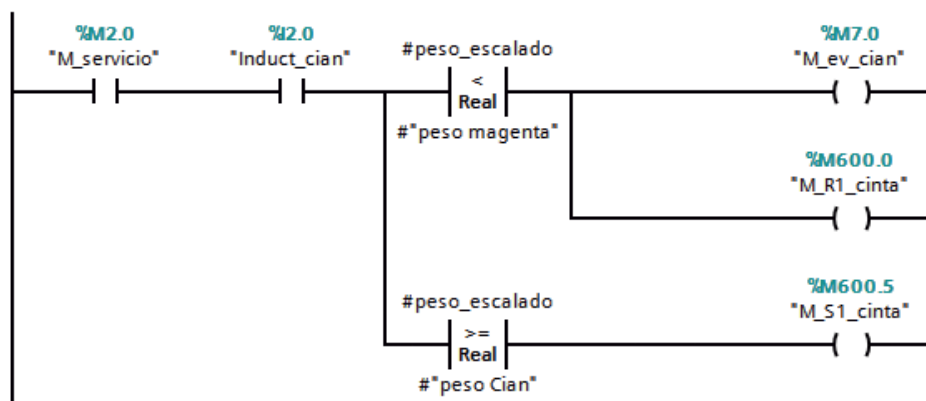


Figura 28. Apertura de la electroválvula de la tolva de color Cian.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 28 se observa la apertura de las válvulas bajo 2 condiciones iniciales, que el servicio este activo y que el color correspondiente sea solicitado, para luego hacer una comparación en la proporción de peso vertido con la establecida para dicho color

según el análisis realizado en el apartado 3.1.1.e, para su mejor visualización ver el anexo C

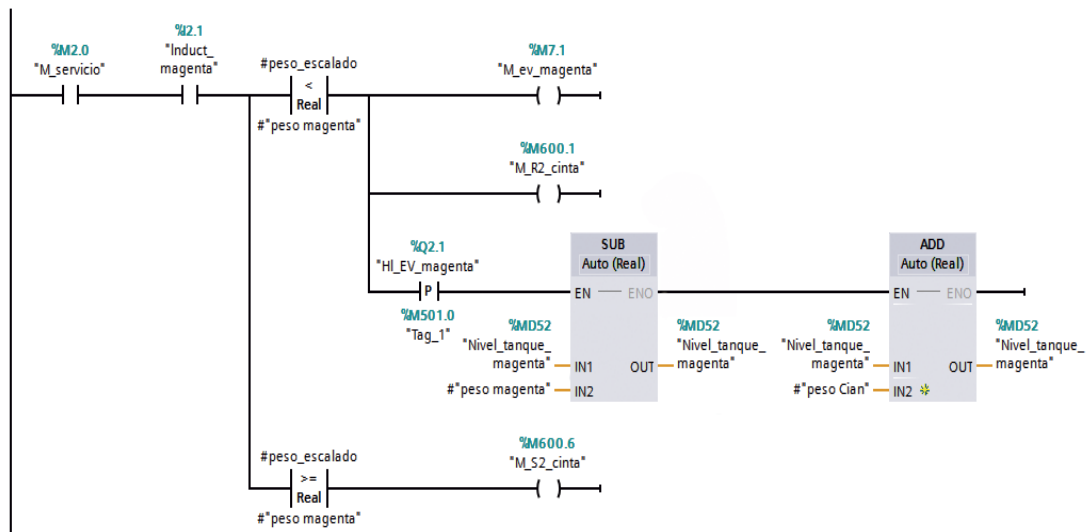


Figura 29. Apertura de la electroválvula de la tolva de color Magenta.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 28. y la figura 29. está referido al accionamiento de la electroválvula en cuanto cumpla inicialmente dos condiciones, la primera que este accionado el sistema y la segunda que el sensor bajo la tolva del color correspondiente esté accionado.

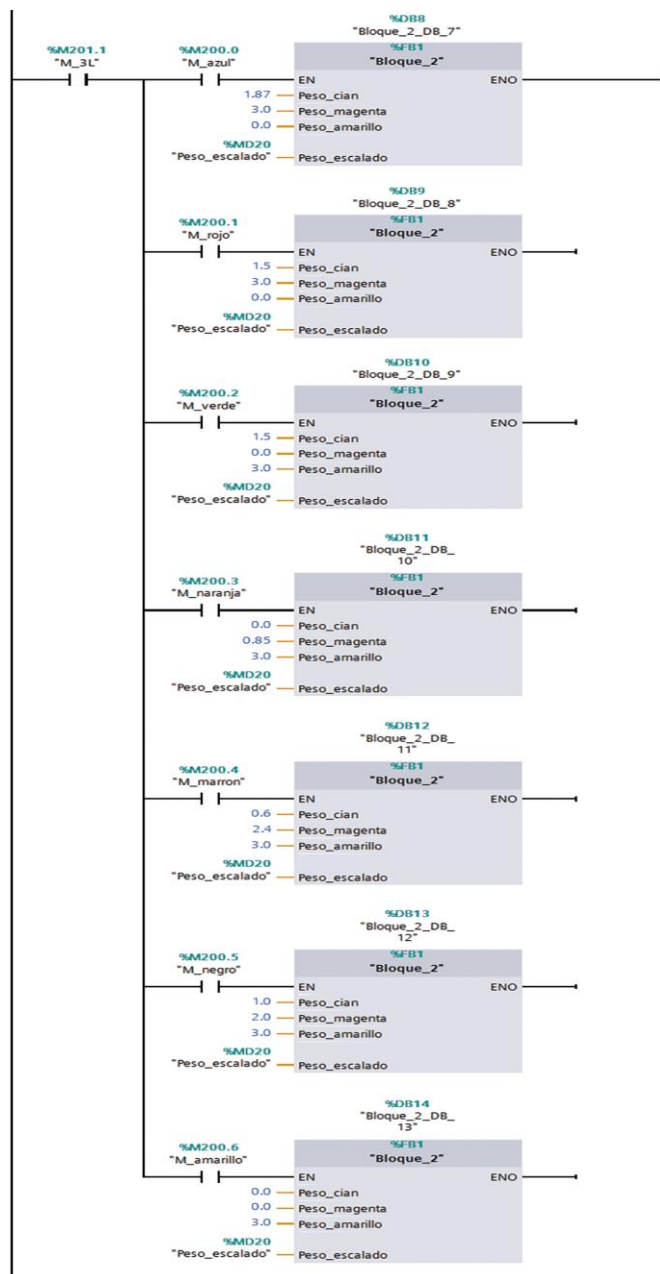


Figura 30. Porcentaje de colores primarios que intervienen en la formación de un color preestablecido.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 30 se observa la proporción de colores primarios que serán necesarios para formar los colores secundarios preestablecidos en función a la paleta de colores y del análisis del porcentaje de peso de acuerdo al nivel de volumen que se esté produciendo, para más información, se encuentra en el apartado 3.1.1.e.

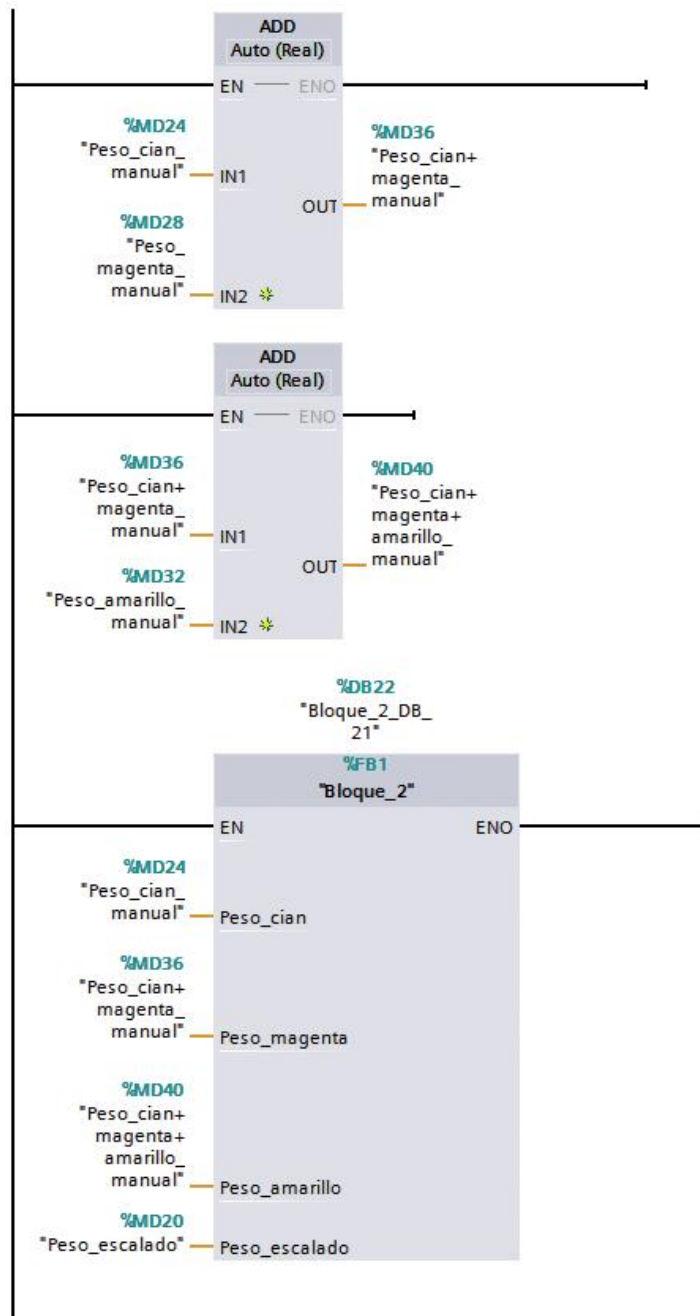


Figura 31. Selección manual del tipo de color, tamaño y cantidad.

Fuente : Elaboración propia

En la figura 31 se observa la secuencia de selección manual de colores a producir que no estén por defecto introducidas en la memoria del autómatas, se podrá introducir el porcentaje de color primario que intervienen en la producción de dicho color.

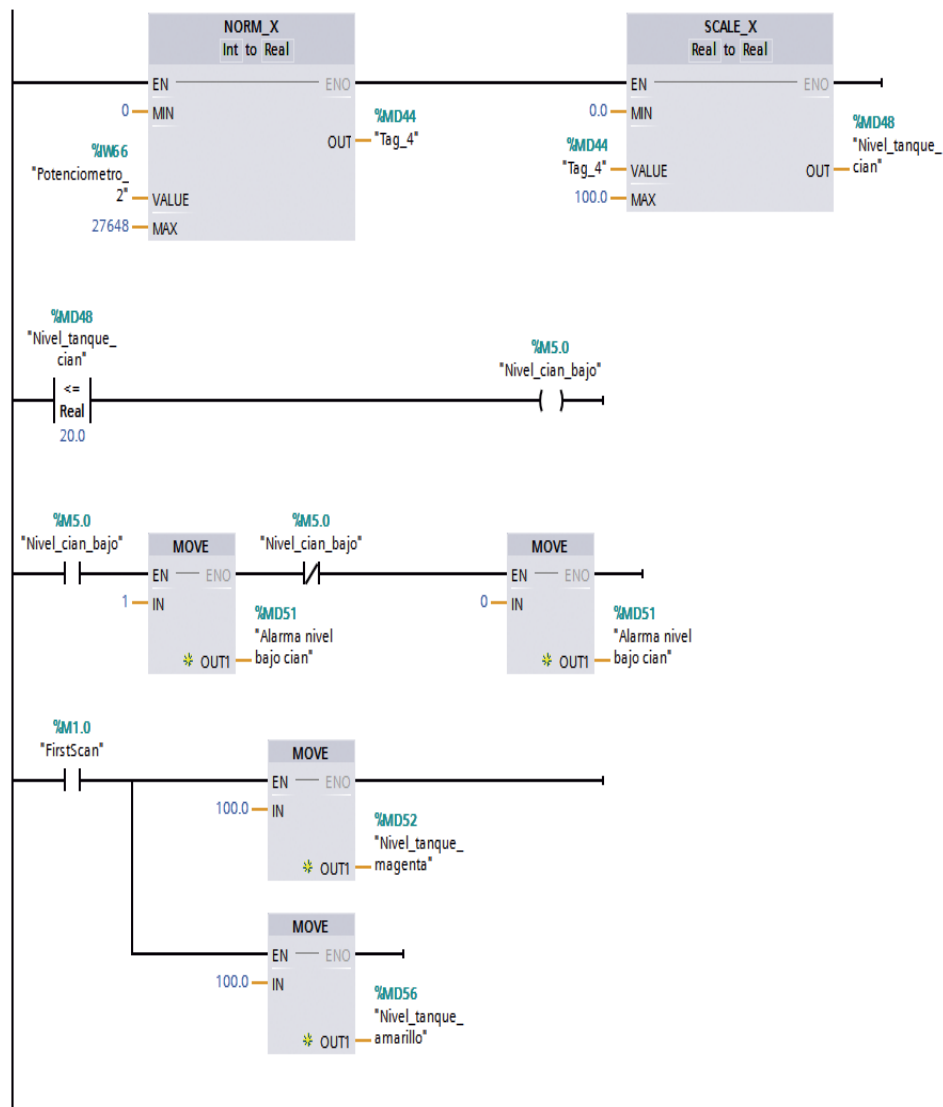
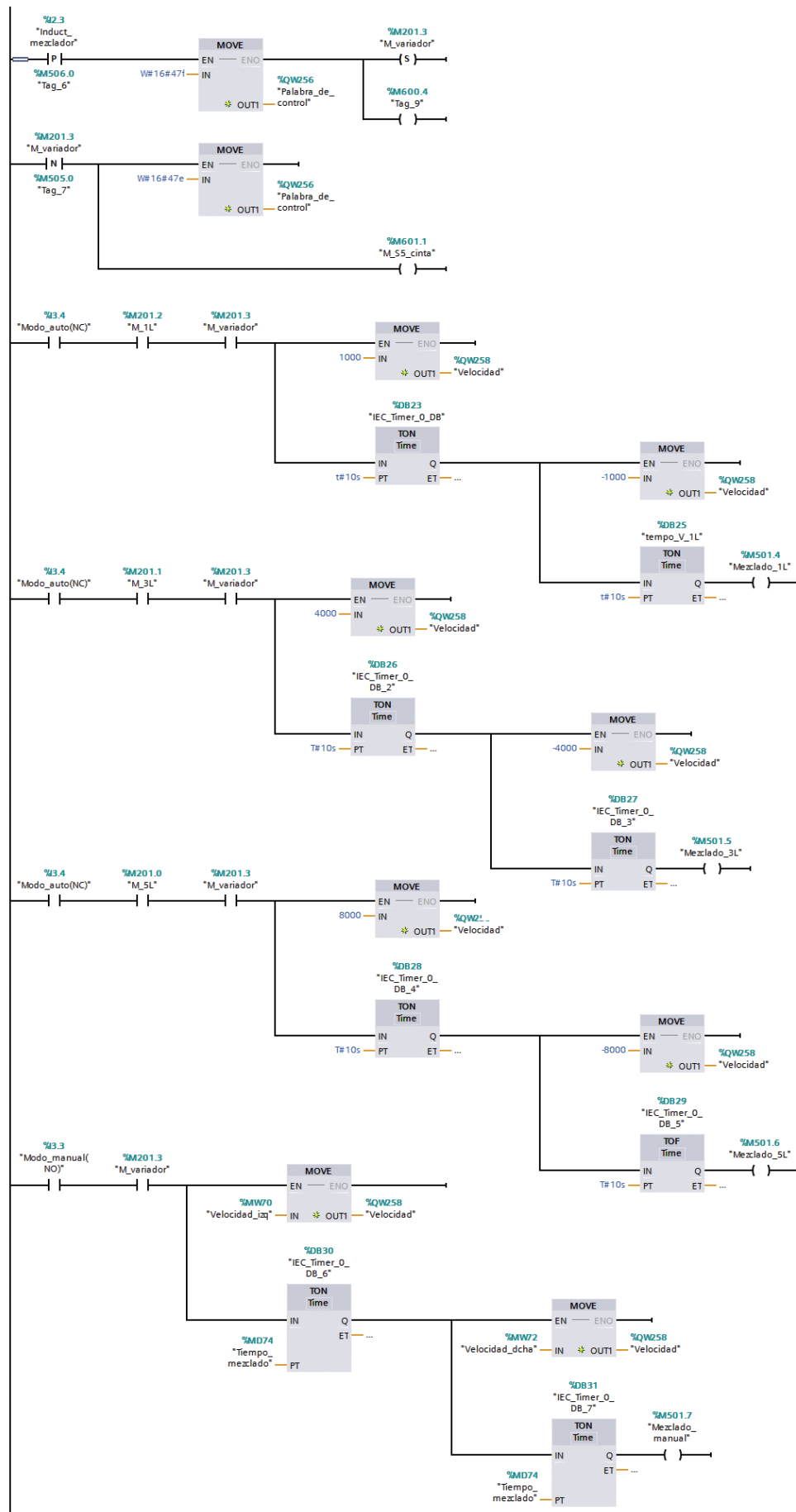


Figura 32. Informe de nivel de tanques.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 32 se establece la secuencia de bloques que harán que los sensores ultrasónicos que están instalados sobre las tolvas estén siempre enviando información en tiempo real al autómata sobre el nivel de pintura que hay en las tolvas, la cual podrá ser visualizado por la pantalla HMI.



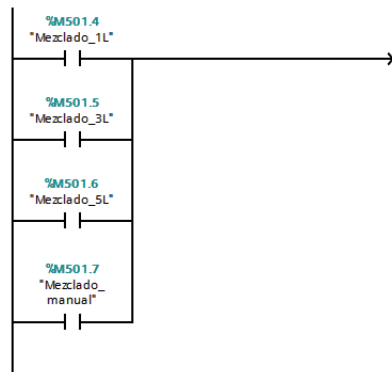
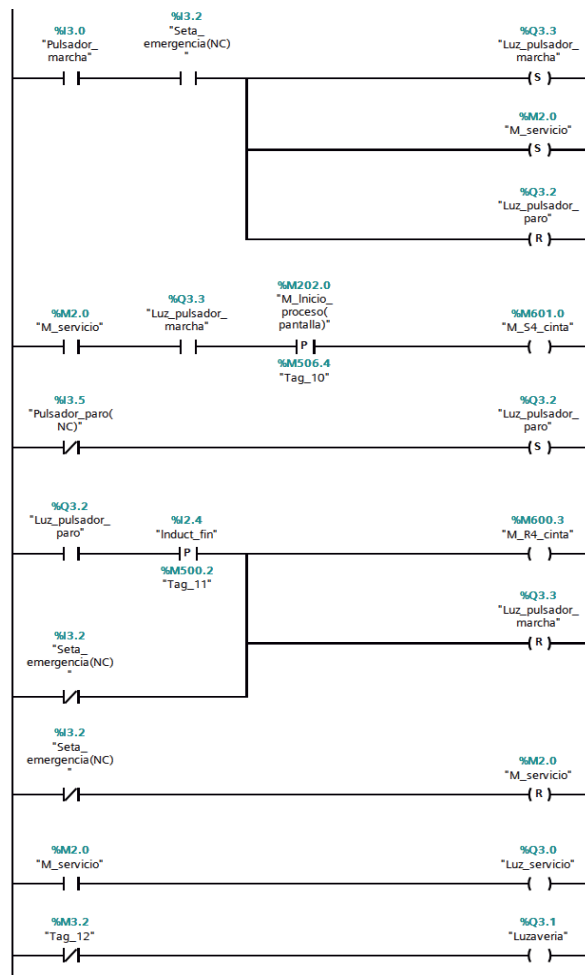


Figura 33. Accionamiento del variador de frecuencia.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 33. se establece la secuencia de bloques que hacen que el motor del agitador se accione de acuerdo al accionamiento del sensor de presencia que está bajo el, el tamaño del contenedor, la velocidad de agitación como el tiempo de agitación.



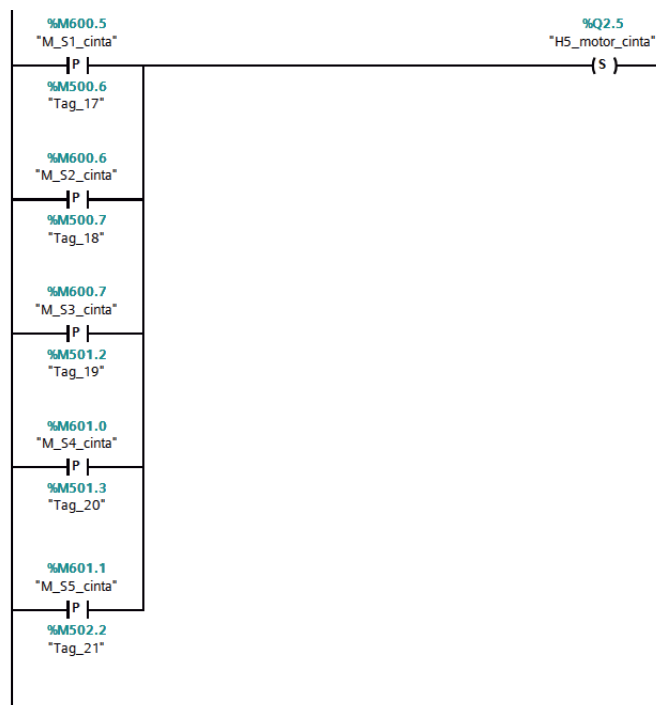


Figura 34. Inicio de proceso.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 34 se muestra la secuencia del proceso que enlaza todo el bloque de programación y da inicio al proceso de producción.

g. Diseño de la tolva.

La elaboración del diseño y los parametros de un contenedor (tolva) a gran escala para almacenamiento de fluidos (pintura) es una solución a una necesidad, debido al incremento de la demanda de producción de pinturas aplicadas a vehículos automotores. Es por ello que se elabora un diseño como se muestra en la figura 35, en función al comportamiento de los elementos que forman parte de la estructura y sus refuerzos, así como su ensamblaje y toda la amalgama estructural de acero para un tipo en particular de modelo de tolva. Esta estructura deberá soportar las condiciones más desfavorables, así como las consideraciones de acuerdo a normas AISC y el método LRFD.

Datos:

Altura del cilindro	:2.0000 m.
Altura del cono	:1.4500 m.
Radio del cilindro	:0.8005 m.
Diámetro del cilindro	:1.6010 m.
Diámetro del cono	:1.6010 m.
Radio del cono	:0.8005 m.
Radio menor del cono	:0.0075 m.

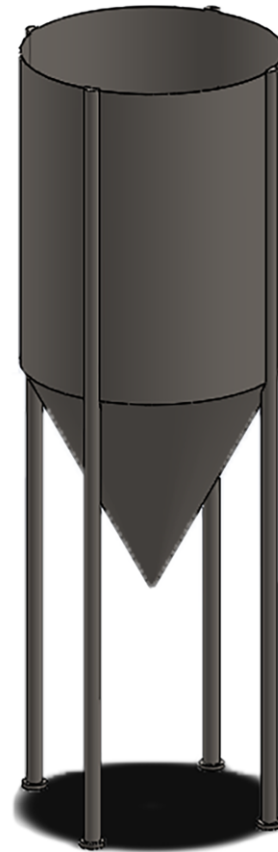


Figura 35. Diagrama de tolva de 5000 L

Fuente: Elaboración propia

En la figura 35 se muestra el diseño de la tolva previamente analizada en el apartado 3.1.1.b, asimismo se podrá visualizar con mayor detalle de las dimensiones en el anexo D

h. Diseño de la faja transportadora.

Para este diseño se toma una faja transportadora ya existente en la cual se hará un restructuramiento en cuanto a las características mecánicas, eléctricas y electrónicas en función a los requerimientos del proyecto según el análisis realizado en el apartado 3.1.1.d.

Este trabajo de diseño consiste de dos partes. La primera parte contiene los cálculos, consideraciones teóricas y uso de tablas y gráficas para el

redimensionamiento de los diferentes elementos que lo componen La segunda parte trata del diseño en sí de un transportador específico.

Este transportador después de su restructuramiento tendrá aproximadamente las dimensiones que muestra la figura 33 que se mostrará con mayor detalle en el anexo E.

- Ancho de la banda : 450 mm
- Distancia entre centros : 6000 mm
- Altura : 900 mm
- Rapidez de la Banda : 0.005079 m/s
- Calibre de las poleas : 101.6 mm



Figura 36. Diseño de faja transportadora.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 36. Se observa la estructura física de la faja transportadora con las características y dimensiones realizadas por medio del análisis en el apartado 3.1.1.d

i. Diseño del sistema SCADA.

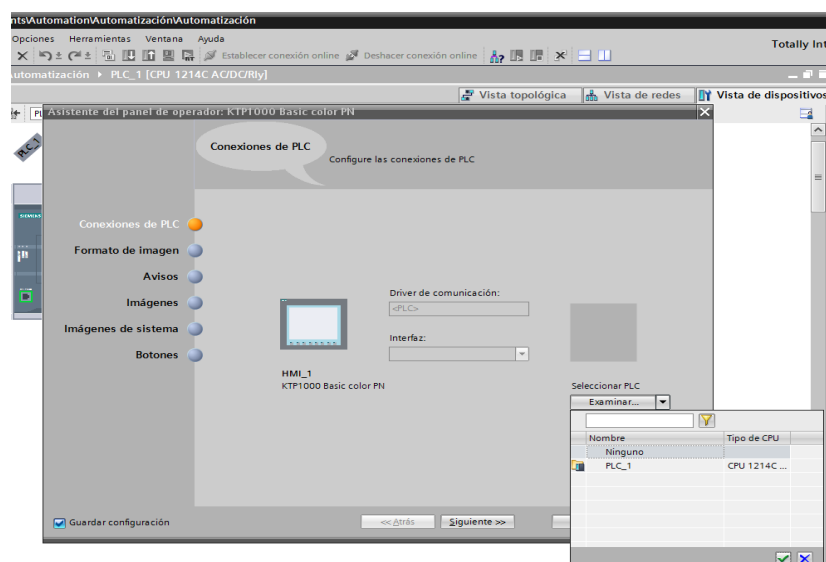


Figura 37. Configuración de HMI KTP 1000 Basic PN enlace a PLC

Fuente: Elaboración propia.

En el software de programación TIA Porta V13, se añadirá la pantalla HMI la cual servirá como interface entre el operario y el autómat. En la figura 37. Se observa el pantallazo que da inicio al proceso de configuración solicitando el enlace de la pantalla HMI con el PLC.

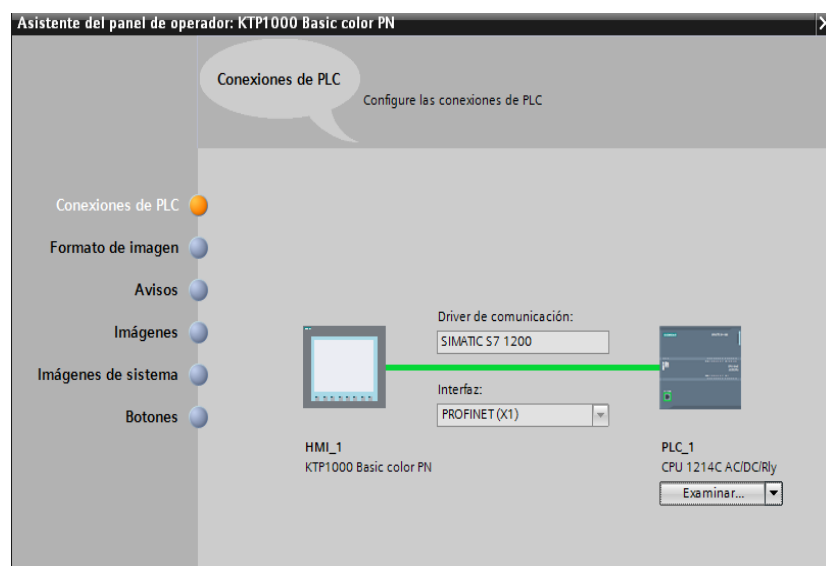


Figura 38. Conexión de HMI a PLC S7-1200.

Fuente: Elaboración propia

Habiendo enlazado la interface HMI con el autómata se pasará a configurar las diferentes características de la pantalla en general de acuerdo al menú que nos muestra la figura 38.

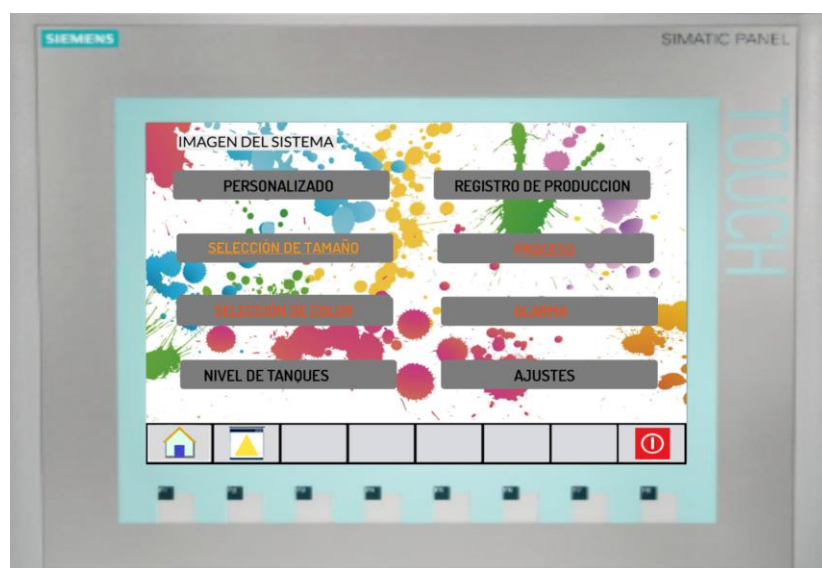


Figura 39. Menú principal en el sistema Scada

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 39. nos presenta el pantallazo inicial, de donde se accederá a los diferentes parámetros del proceso como Tamaño de los contenedores, selección del color y la visualización del proceso en tiempo real.

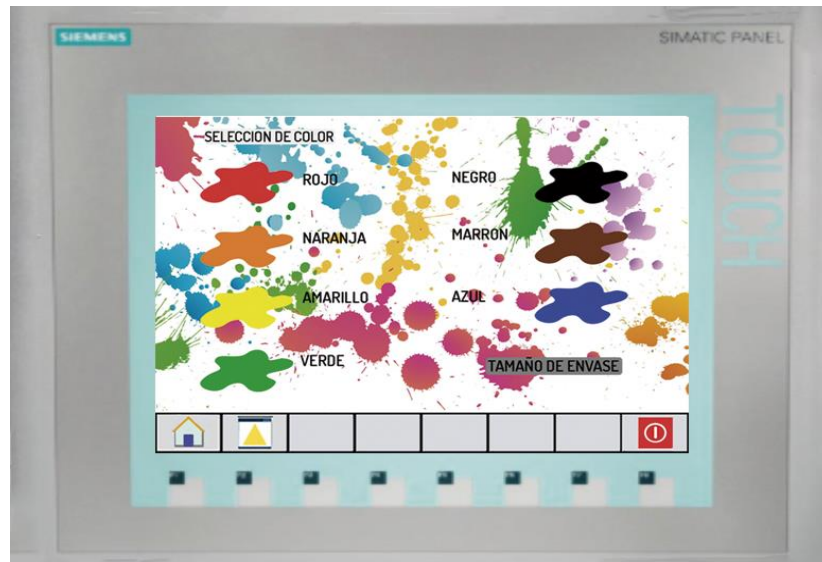


Figura 40. Pantalla de selección de color.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 40. Se presenta un pantallazo de selección de color, desde la cual se podrá seleccionar los diferentes colores preestablecidos para su producción en función al análisis realizado en el apartado 3.1.1.e, también nos muestra un botón que nos llevara a la siguiente función que es el tamaño del contenedor.

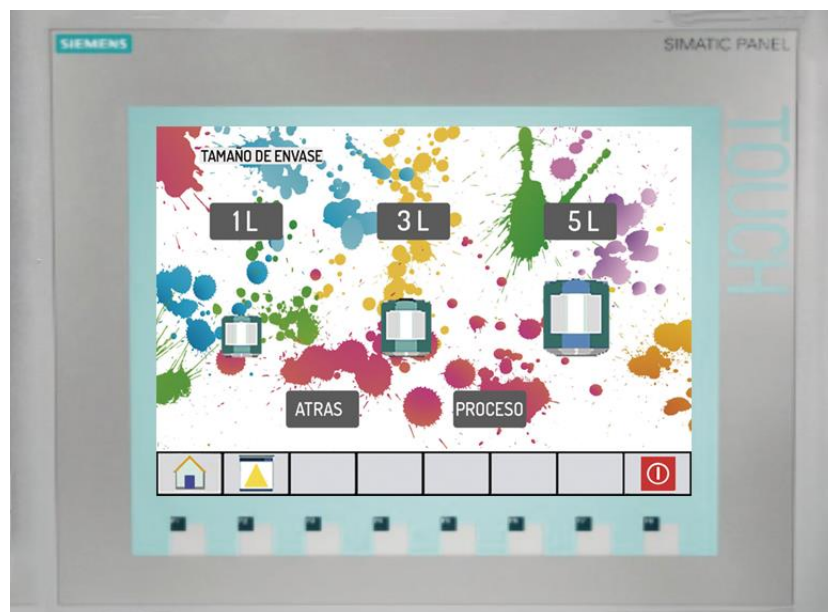


Figura 41. Pantalla de selección de tamaño de envase.

En la figura 41. nos muestra tres tamaños de contenedor donde se va a depositar la pintura de cada tonel según corresponda las proporciones de cada color primario a lo largo de la faja transportadora.

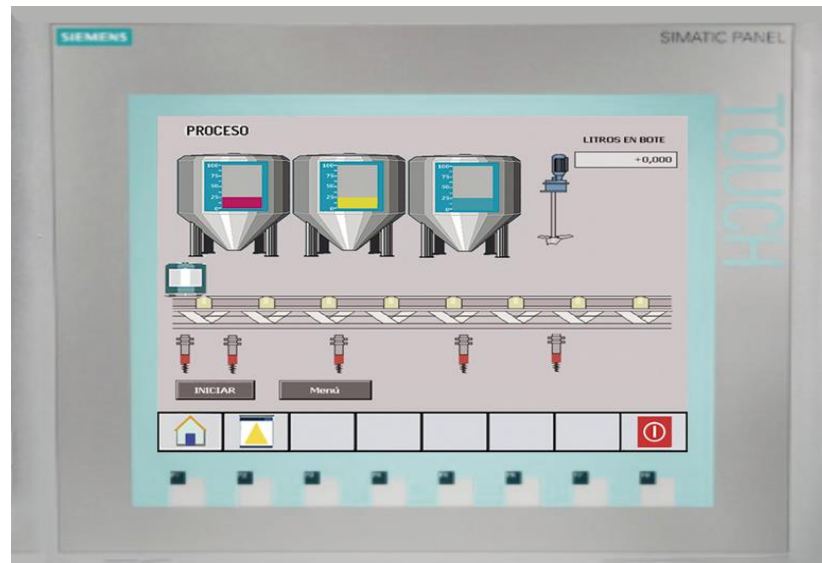


Figura 42. Proceso de producción de la pintura.

Elaboración propia.

En la figura 42. nos presenta una representación gráfica de la planta de producción, la cual refleja el estado en tiempo real del proceso, indicando; posición, tamaño y cantidad producida; del mismo modo nos muestra el nivel de pintura que existe en las tolvas contenedoras de colores primarios.

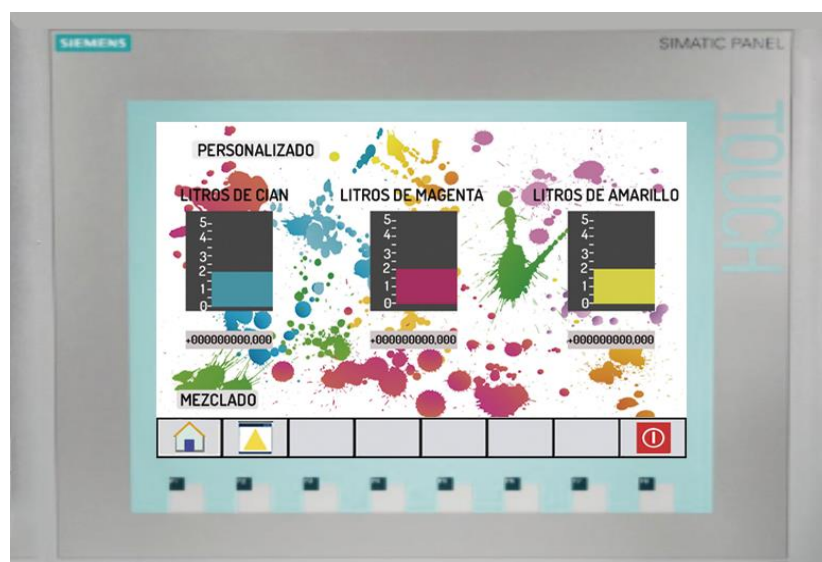


Figura 43. Selección de cantidades de colores primarios
para mezcla de color no preestablecido.

Elaboración propia.

En la figura 43. Presenta la opción para introducir la proporción de cada color primario y así formar un color secundario que no esté introducido inicialmente en la paleta de colores estándar de la memoria del PLC



Figura 44. Selección de velocidades para su correcta producción.

Elaboración propia.

En la figura 44. Presenta en tiempo real las características de personalización del color señalando el el tiempo, sentido y la velocidad de rotación de las paletas del agitador.

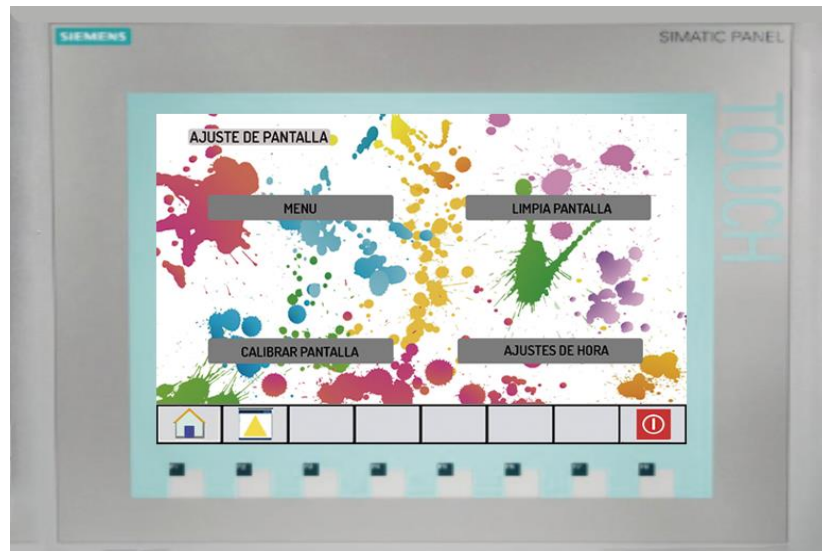


Figura 45. Reajustes de pantalla.

Elaboración propia.

En la figura 45. Se presenta las configuraciones adicionales de la pantalla, donde se podrá calibrar, limpiar y regresar al menú inicial.



Figura 46. Representación en pantalla HMI del nivel de los tanques.

Elaboración propia.

En la figura 46. Nos muestra los niveles de pinturas que se encuentran en tiempo real de cada uno de los colores primarios, donde a la carencia de

alguno de ellos se lanzara una alarma la cual estar registrada en todos los niveles de comunicación de la planta.

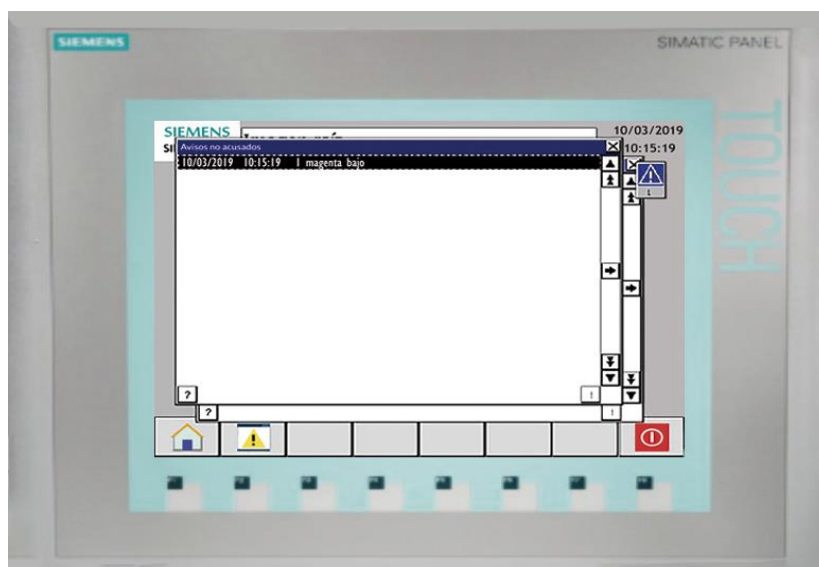


Figura 47. Pantalla de acuse de alarmas.

Elaboración propia.

En la figura 47. Nos muestra un historial detallado con fechas y horas de todos los acuses de alarma que se suscitaron a largo del proceso de producción.

3.1.3. Selección de dispositivos del sistema de control.

a. Automata

En el hipotetico caso que se tome como solución el empleo de un autómata, para llevar a cabo el algoritmo de control de cualquier aplicación, se tendrá la necesidad de seleccionar, de la gran variedad de dispositivos que existe en el mercado, el automata más idóneo. Como en todo tipo de selección, la decisión deberá estar sujeta al análisis sistemático de una serie de factores como se detalla en el apartado 2.2.7.a1. (Selección del autómata de la página 30). Teniendo en consideración las necesidades futuras en función de los objetivos de la empresa.

De la gran variedad de autómatas que existe en el mercado se seleccionaron 3 marcas que son la más usadas a nivel industrial y se desarrolló en la tabla 19.

Tabla 19.

Tabla de comparación para la selección del controlador.

MARCA	LEGUAJE DE PROGRAMACION	TIPO DE CABLE DE PROGRAMACION	SOFTWARE DE PROGRAMACION	TIPOS DE SALIDA	ALIMENTACION ELECTRIC A	TIPO DE MONTAJE
Siemens S7-1200	-Kop -Scl -Awl -Fup	-Ethernet -Mpi -Rs-232 -Rs-422 -Awl	-Tia Portal V13	-Pt100 -Conteo rápido. -Digital -Analógico	-24Vdc -230 Vac	-Riel din
Omron CJ2M	-Kop -Lista de instrucciones (con FST)	-Rs-422 -Rs-232 -Rs-485 -USB 2.0	-Cx-Programmer	-Pulso	-5Vdc	-riel din
Allen bradley Compact Logix 5480	-Kop -función Block -grafcet	-Usb 2.0 - Ethernet	-Rs-logix	-Digital -Analogico	-24Vdc	-Riel autónomo

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a lo cuantitativo todas las marcas tienen ventajas y desventajas no muy significativas

En cuanto a lo cualitativo.

- la empresa Siemens brinda mejor soporte y de forma gratuita a nivel nacional e internacional, a diferencia de las demás empresas.

- En el mercado nacional existe un stock considerable de repuestos, accesorio que reduce el tiempo de parada de una maquina por mantenimiento.
- Cuenta con una mayor versatilidad y facilidad para actualización de dispositivo.
- Acceso fácil a la información sobre el producto haciendo más fácil la integración con el mismo y sobre todo bajos precios.

Por tal motivo se elige el autómata siemens S7-1200 1214 AC/DC/RLY acompañado del módulo: switch de comunicación CSM 1277, de entrada, Sm1221, Sm1222 y Sm 1231 quienes va a cubrir el requerimiento de entrada tanto digitales como analógicas y la fuente de alimentación de 24Vdc externa Pm1207.

a.1 Autómata PLC S7-1200 1214 Ac/Dc/Rly

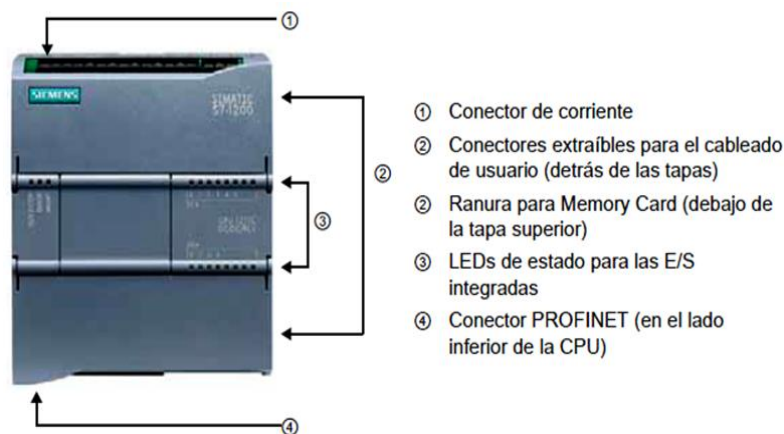


Figura 48. Autómata PLC s7-1200 1214 AC/DC/RLY.

Fuente: Siemens (2012). *Simatic S7 Controlador programable S7-1200*

Manual del sistema, Recuperado de

https://media.automation24.com/manual/es/91696622_s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf

En la figura 48 nos muestra la descripción de las partes que componen al autómata S7-1200 -1214AC/DC/RLY.

Tabla 20.

Datos técnicos de PLC s7 1200 1214 AC/DC/RLY.

SIMATIC S7-1200 CPUs	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
3 configuraciones por CPU	DC/DC/DC, AC/DC/RLY, DC/DC/RLY		
Dimensiones W x H x D (mm)	90 x 100 x 75	90 x 100 x 75	110 x 100 x 75
Integrated Digital I/O	6 / 4 salidas	8 entradas / 6 salidas	14 entradas / 10 salidas
Integrated Analog I/O	2 entradas	2 entradas	2 entradas
Max. Local I/O – Digital	14	82	284
Max. Local I/O – Analog	3	19	67
Tamaño de imagen de proceso	1024 Bytes for entradas / 1024 Bytes for salidas		
Memoria de trabajo	25 KB	25 KB	50 KB
Memoria de carga	1 MB	1 MB	2 MB
Memoria remanente	2 KB	2 KB	2 KB
Bit Memory (M)	4 KB	4 KB	8 KB
Boolean Execution Speed	0.1 µs / instruction		
Move Word Execution Speed	12 µs / instruction		
Real Math Execution Speed	18 µs / instruction		
Signal Module (SM)	ninguno	2	8
Communication Module (CM) o Communication Processor (CP)	3	3	3
Signal Board (SB) o Communication Board (CB)	1	1	1
Integrados	3	4	6
– Monofásico	3 @ 100 kHz	3 @ 100 kHz 1 @ 30 kHz	3 @ 100 kHz 3 @ 30 kHz
– Dos fases y AB quadrature	3 @ 80 kHz	3 @ 80 kHz 1 @ 20 kHz	3 @ 80 kHz 3 @ 20 kHz

Fuente: (Adaptado de “Simatic S7 -1200”, Siemens, 2019, p25).

En la tabla 20 nos muestra las características principales que posee el Autómata, el cual nos brinda una información clara y precisa del equipamiento, almacenamiento y velocidad de procesamiento que este posee.

a.2 Fuente de Alimentación 24 Dc Pm1207



Figura 49. Módulo de voltaje 24DC.

Fuente: Adaptado de “Simatic S7 -1200 ”, Siemens 2019, p25)

En la figura 49 se muestra un módulo adicional de alimentación de 24 Vdc puesto que el sistema cuenta con 26 entradas digitales 6 y

analógicas que serán alimentadas desde la fuente propia del PLC y la fuente PM1207.

a.3 MÓDULO SM1221 DC (16 DI), DE 16 ENTRADAS:

Módulo de ingreso de señal digital de 16 entradas a 24v DC SINK/SOURCE; retraso al ingreso parametrizable; conjunto de borneras enchufables.



Figura 50. Módulo Sm1221 Dc (16 Di), De 16 Entradas.

Fuente: (Adaptado de “Simatic S7 -1200”, Siemens, 2019, p25)

El proyecto requiere de 26 entradas digitales de las cuales 14 serán cubiertas por el autómata y los 12 restantes por el módulo de 16 entradas digitales que se muestra en la figura 50.

a.4 Modulo sm1222 rly (16 do). De 16 salidas a relé:

Unidad adicional de 16 salidas digitales de tipo relé; conjunto de borneras enchufables.



Figura 51. Modulo sm1222 rly (16 Do). de 16 salidas a relé.

Fuente: (Adaptado de “Simatic S7 -1200”, Siemens, 2019, p25).

Se inserta dicho modulo (Figura 41.), para cubrir la demanda requerida por el sistema, ya que el autómata cuenta con 10 salidas y el proyecto requiere de 14 salidas sin mencionar el porcentaje de salidas libres que se debe mantener libre para en adelante hacer modificaciones o su defecto ampliación del sistema.

a.5 Módulo de entradas analógicas sm1231, 4 al.



Figura 52. Modulo analógico SM1231, 4Al.

Fuente: (Adaptado de “Simatic S7 -1200”, Siemens, 2019, p25).

a.6 Módulos de Comunicación Csm 1227



Figura 53. Módulo switch compacto CSM 1277.

Fuente: (Adaptado de “Simatic S7 -1200”, Siemens, 2019, p25).

En la figura 53 se muestra el switch Csm 1277 el cual cumple la función de comunicación de los diferentes dispositivos de control que componen el sistema.

Topología de bus.

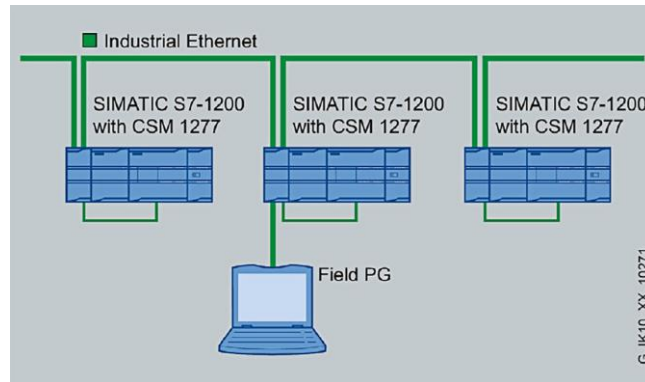


Figura 54. Topología de bus con el CSM 1277.

Fuente: (Adaptado de SIMATIC NET S7-1200 Compact Switch Module CSM 1277, 2010, p9)

En la figura 54. se muestra una topología caracterizada por tener un canal individual de comunicaciones al cual se le denomina bus, troncal o backbone, quien recibe la conexión de todos los equipos. Por tanto están conectados al mismo canal.

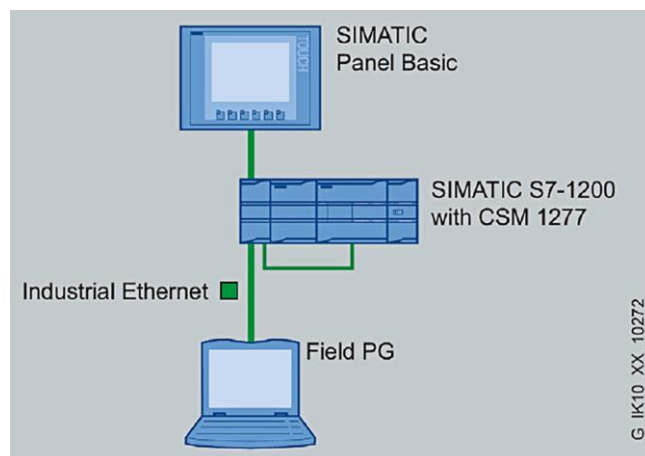


Figura 55. Topología de las estrellas con el CSM 1277.

Fuente: (Adaptado de SIMATIC NET S7-1200 Compact Switch Module CSM 1277, 2010, p10)

En la figura 55. se muestra una red en configuración estrella donde los terminales están conectados directamente a una matriz y todas las comunicaciones se hacen inevitablemente a través de ese punto (conmutador, repetidor o concentrador).

b. Variadores de frecuencia.

Para la mejor elección de un variador de frecuencia se realizó una evaluación cuantitativa en base a un estudio de ingenieros y técnicos de diferentes empresas donde se realizan trabajos con sistemas automatizados. El nivel de puntuación es (1) Malo, (2) Bueno, (3) Muy Bueno y (4) Excelente. Los criterios se establecen en función a los requerimientos del área de mantenimiento y producción.

Tabla 21.

Evaluación cuantitativa de las marcas para selección del variador.

CRITERIO	SIEMENS	ABB	TOSHIBA	UNICO®	BALDOR	YASKAWA
Facilidad de automatización en la línea de producción	2.0	3.0	3.0	3.0	2.5	3.0
Confiabilidad del equipo dado su experiencia en otros campos.	3.5	2.5	3.0	2.5	2.0	4.0
Eficiencia en ahorro energético.	3.0	2.5	2.0	3.5	2.5	2.5
Garantía y servicio técnico.	4.0	3.5	2.0	2.0	3.5	2.5
Facilidad para la adquisición de repuestos.	4.0	3.5	2.5	3.5	1.3	1.0
Facilidad interacción equipo operador	3.0	2.5	1.0	2.0	2.5	2.0
Facilidad para su adaptación a diferentes aplicaciones	2.5	3.5	4.0	3.0	2.5	3.0
Total	3.14	3.00	2.50	2.79	2.40	2.57

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 21 se ilustra una media de las puntuaciones obtenidas en una encuesta a un universo de ingenieros y técnicos sobre que marca de variador elegirían para un próximo proyecto, en función a los datos obtenidos, se

eligieron las marcas SIEMENS, ABB, UNICO®, por tener la mejor valoración.

Para cada referencia de variador existe una gran cantidad de ventajas y desventajas las cuales valoraremos al momento de elegir la marca que mejor se adapte a nuestro proyecto. En la tabla 22, se mostrará un resumen de las características cuantitativas para la selección del variador. Esta evaluación se realizó teniendo en cuenta la pericia de profesionales que laboran en campo y las estadísticas de mantenimientos preventivos y correctivos.

Tabla 22.

Resumen de las características cuantitativas para la selección de un variador de frecuencia.

REFERENCIA	TECNOLOGÍA	COMPOSICIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
SINAMICS G120	Control V/f/ Regulación vectorial	Rectificador: IGBT's	Ocupa poco espacio, sencilla parametrización de software, Integración en entorno de automatización, Alta calidad de regulación, conectividad a todos los sistemas de bus habituales, mantenimiento sencillo y uso fiable en entornos industriales agresivos.	El convertidor de frecuencia puede causar una corriente continua en el conductor de protección.
		Bus DC: Resistencia de freno		
		Inversor: IGBT's		
ABB ACS800	Frente activo regenerativo	Rectificador: IGBT's	Posee software para UBM. Tiene frente activo que controla la regeneración. Ahorro de energía y eficiencia. Minimiza problemas de temperatura, ocupa menos espacio, mantiene la velocidad constante ante cambios inesperados.	Requiere de un software que permita medir un mayor número de variables. Presenta fallas en la tarjeta de interfaz por el sistema de refrigeración utilizado. Requiere de mantenimiento preventivo con mayor frecuencia.
		Bus DC: Bus DC		
		Inversor: IGBT's		
UNICO® 1100	Control vectorial	Rectificador: Diodos	Posee software para UBM. Ahorro de energía, controla variables y genera reportes de producción.	Presenta problemas de temperatura. Requiere de sistema de refrigeración. Alto costo de repuestos. Falla en la tarjeta gate drive y DSP.
		Bus DC: Bus DC y resistencia de freno		
		Inversor: IGBT's		

Fuente: Elaboración propia.

En función al análisis previo de los variadores se toma para esta tesis el variador de frecuencia:

Sinamics G120 de la marca siemens cuyas características se muestran a continuación.

SINAMICS G120 consta de diferentes unidades funcionales como:

- Unidad de control, (CU) Power Module, (PM) Sinamics IOP
- CU250S-2 PN Vector.
- Sistemas de comunicación por bus: PROFINET.
- Entradas de tipo analógicas: 2.
- Salidas de tipo analógicas: 2.
- Salidas de tipo relé: 3.
- Entradas de tipo digitales: 11.
- Salidas de tipo digitales: 0.
- Otras E/S: 4 DI/DO.
- Funciones Safety: STO, SBC, SS1, SLS, SDI, SSM.
- Grado protección: IP20.
- -Módulo de potencia, PM240-2 IP20, (6SL3210-1PB13-8ULx).

Tipo Power Module:

- PM240-2 IP20 FSA U 1/3 AC 200 0,75 kW.
- Rango tensión: 200 – 240 V.
- Potencia (HO) potencia sobrecarga alta: 0,55KW CON 200% 3s, 150% 57s, 100% 240s, Temperatura ambiente de -10 a +50 °C.
- Potencia (LO) potencia sobrecarga baja: 0,75KW CON 150% 3s, 110% 57s, 100% 240s, Temperatura ambiente de -10 a +40 °C.
- Realimentación energía: no.
- Posibles métodos frenado: freno mantenido motor, frenado corriente continua, frenado combinado, frenado reostático.

- Grado protección: IP20.
- El Power Module PM240 alimenta el motor en una gama de 0,37kW a 132kW.

Siemens. (2014). *Convertidores SINAMICS G120C*. Recuperado de https://www.technical.cat/PDF/SIEMENS/MECATRONICA/manual_SINAMICS_G120C.pdf



Figura 56. Variador de frecuencia Sinamics G120.

Fuente: (Adaptado de Sinamics G120, 2017, p50).

El variador de frecuencia tiene como finalidad la regulación de la velocidad del motor del agitador, el cual realizará un arranque lento en los primeros instantes para luego ir aumentando paulatinamente la velocidad hasta llegar a los 1500rpm según lo establecido en el apartado 3.1.1.h. de esta tesis.

c. Sensores

Los sensores de proximidad, son dispositivos electrónicos también llamados detectores, cuya función es la de reconocer la presencia de un objeto sin necesidad de contacto directo.

Una análisis previo es de mucha importancia antes de elegir el sensor de proximidad adecuado para el proyecto que se esté realizando, en la tabla 23 nos muestra los distintos sensores de proximidad con sus diferentes características especiales de funcionamiento.

Tabla 23.

Referencia para la evaluación de los sensores de proximidad.

Tecnologías	Inductivos	Capacitivos	Magnéticos	Por ultrasonidos	Fotoeléctricos
Alcance	<80 mm	<60 mm	<100 mm	<15 m	<200 m
Materiales detectados	Piezas metálicas	Cualquier material	Piezas imantadas	Cualquier material, sin importar su naturaleza sólido, líquido, etc.—	Piezas reflectantes

Fuente: (Adaptado de direct industry, 2019,p2).

Tabla 24.

Características cuantitativas para la selección del sensor de posición.

Descripción	Siemens 3RG74007AB00	Allen Bradley 42JT VisiSight	Omron E3Z-LL86	Festo SOOD-RS-R-PN
Distancia de detección máx. (mm)	500	800	3000	1000
Modos operativos de sensor	Difuso	Difuso	Difuso	Difuso
Características:	Light ON / Dark ON	Light ON / Dark ON	Light ON / Dark ON	Light ON / Dark ON
Fuente de Luz		Led Rojo	Led Rojo	Led rojo
Voltaje de alimentación (VDC)	24	10 a 30	12 a 24V	10 a 30
Protección	IP68	IP67, IP69K	IP67	IP65, IP67
Tiempo de respuesta (ms)	0.5ms	1ms	1ms	250µs
Costo \$	101.37	145	227.18	480

La tabla 24 nos muestra las características cuantitativas que se tienen que tener en cuenta a la hora de seleccionar el mejor dispositivo que se ajuste a las necesidades del proyecto para de esta manera no tener un sobre dimensionamiento excesivo el cual acarree gastos innecesarios.

En cuanto a lo cualitativo.

Las marcas que brinda mayor soporte a nivel nacional e internacional, tienen basta información de sus productos, además de contar con stock

que asegure un tiempo de repuesta inmediato a cualquier fallo es la marca siemens.

Por tal motivo el sensor seleccionado para este proyecto es el Siemens 3RG74 00–7AB00.

c.1 Sensores ópticos.

Son dispositivos electrónicos cuya función es detectar diferentes factores a través de un lente óptico.

Tabla 25.

Características cuantitativas para la selección del sensor óptico.

Descripción	Siemens 3RG74007AB00	Allen Bradley 42JT VisiSight	Omron E3Z-LL86	Festo SOD-RS-R- PN
Distancia de detección máx. (mm)	500	800	3000	1000
Modos operativos de sensor	Difuso	Difuso	Difuso	Difuso
Características:	Light ON / Dark ON	Light ON / Dark ON	Light ON / Dark ON	Light ON / Dark ON
Fuente de Luz		Led Rojo	Led Rojo	Led rojo
Voltaje de alimentación (VDC)	24	10 a 30	12 a 24V	10 a 30
Protección	IP68	IP67, IP69K	IP67	IP65, IP67
Tiempo de respuesta (ms)	0.5ms	1ms	1ms	250µs
Costo \$	101.37	145	227.18	480

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 25 ilustra las propiedades cuantitativas que se tienen que tener para elegir el sensor óptico que se ajuste a las requerimientos del proyecto, para que de esta manera no se tenga un sobre dimensionamiento excesivo el cual acarree gastos innecesarios.

En cuanto a lo cualitativo.

La marca que brinda mayor soporte a nivel nacional e internacional, tiene basta información de sus productos, y

además de contar con stock que asegure un tiempo de repuesta inmediato a cualquier fallo es la marca siemens.

Por tal motivo el sensor seleccionado para este proyecto es el Siemens 3RG74 00–7AB00.



Figura 57. Sensor óptico Siemens 3RG74 00–7AB00.

Fuente: (Adaptado de “Detectores de proximidad SIMATIC PX”, 2009, p15).

En la figura 57. se muestra el sensor fotoeléctrico de la marca siemens el cual está encargado de detectar la presencia de los contenedores en cada estación de tolva para que de esta manera pueda verter el color correspondiente a la misma.

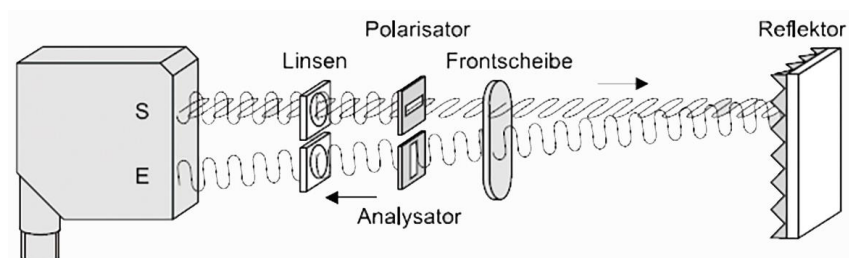


Figura 58. Esquema de funcionamiento del sensor óptico.

Fuente: (Adaptado de Detectores de proximidad SIMATIC PX, 2009, p17).

En la figura 58 nos muestra el funcionamiento reflectivo que tiene el sensor, eso quiere decir que en cuanto la luz emitida por el sensor choque con el objeto este rebotara y llegara al receptor del sensor y se activara.

Características:

- Unidad compacta con emisor y receptor.
- Reflejo de luz independiente.
- Detección hasta 3 metros.
- Dificultad de detección de objetos brillantes.

salida discreta (tipo NPN, PNP, FET o MOSFET).

- “0 lógico” no hay presencia de objeto.
- “1 lógico” detección de objeto.

c.2 Sensor ultrasónico

Es un dispositivo electrónico que calcula la longitud por medio de ondas ultrasónicas. El cabezal envía una onda de alta frecuencia y recibe la onda de rebote del objeto determinando la velocidad, tiempo y distancia.

Tabla 26.

Características cuantitativas para la selección del sensor Ultrasónico.

Descripción	Siemens 3RG6015 – 3AF00	Allen Bradley 873C - DDNP1000E2	Omron E4PA - LS400 - M1- N
Rango de detección (mm)	400 a 3000	300 a 1000	240 a 4000
Ajuste	Potenciometro	Potenciometro	Potenciometro
Objetivo estándar (mm)	50 x 50	85 x 85	100 x 100
Precisión de repetición R (mm)	+/- 5.	+/- 5.	0.1%
Histeresis de conmutación H (mm)	20	≤ 15	1%
Frecuencia de ultrasonidos nominal (KHz)	120	200	85
Grado de protección	IP65	IP67	IP65

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 26 observamos un cuadro comparativo de diferentes marcas, el cual nos brindará una idea de que sensor ultrasónico

es el más adecuado dentro de la gran variedad de dispositivos que existen en el mercado.

Las dimensiones a medir son las correspondientes a la estipulación de su nivel más bajo designado por el operador (2.30 m del sensor al nivel más bajo tomando la dimensión restante como reserva), donde se lanzará una alarma indicando dicho nivel.

Por tal motivo se selecciona el sensor Siemens 3RG6015–3AF00 como mejor opción.

En cuanto a lo cualitativo.

Las marcas que brinda mayor soporte a nivel nacional e internacional, tiene basta información de sus productos, y además de contar con stock que asegure un tiempo de repuesta inmediato a cualquier fallo es la marca siemens.



Figura 59. Sensor ultrasónico Siemens 3RG6015–3AF00.

Fuente: (Adaptado de “Simatic S7 -1200 , Siemens FS 10, 2009, p 20).

El sensor que se ilustra en la figura 59 se desempeñará como un control de nivel de pintura del tanque de 5000L y estará instalado en la parte superior de la tolva de cada color primario dese ahí mediante las ondas ultrasónicas podrá determinar la distancia que hay desde el sensor hasta la pintura.

c.3 Sensor de peso:

Para obtener la cantidad correcta de vertido de cada color y elaborar la mezcla se requiere del uso de una celda de carga el cual de acuerdo a lo establecido en el analisis de pesos y medidas del apartado 3.11.e, cerrara la válvula de la tolva del color correspondiente a la estación donde se encuentre el contenedor en ese instante y así sucesivamente al largo del proceso.

Tabla 27.

Características cuantitativas para la selección de la celda de carga.

Descripción	Siemens SIWAREX WL260 SP-S AC	Trasducers LPSA	Ltc LAB-BH3
Carga nominal (kg)	0, a 50	0 a 20	0 a 50
Tamaño máximo			
Clase de precisión	C3 según OIML R60, opcionalmente C4MR	Aprobación de OIML C3 a partir de 6 kilogramos a 35 kilogramos	B*
Estructura	Tipo Viga	Tipo Viga	Tipo Viga
Precisión	0.01% RO	0.03% RO	0.03% RO
Tensión de excitación VDc.	12 a 24	5 a 30	18 a 30
Grado de protección	IP65	IP65	IP65

Fuente: Elaboración propia

En razón a la Tabla 27 se ha visto por conveniente utilizar la celda de carga Siwarex WL260 SP-S AC puesto que sus características cumplen con las necesidades del sistema que se está planteando.



Figura 60. Célula de carga Siwarex WL260 SP-S AC.

Fuente: (Adaptado de Simatic S7-1200, Siemens Células de carga,2012 p12).

En la figura 60. se muestra la celda de carga que estará instalada bajo la lona de la faja transportadora al nivel vertical de la tolva de cada color primario, ésta estará encargada de cerrar las válvulas electromagnéticas en función a la normalización que se le haya atribuido desde el análisis de porcentajes de pintura que está en el apartado 3.1.1.e, de esta tesis

d. Actuadores neumáticos

d.1 Electroválvula.

Para elegir la válvula solenoide o electroválvula adecuada es necesario considerar los siguientes datos.

¿Cuál es el material de fabricación del cuerpo de la válvula?, ¿Qué producto voy a utilizar en la válvula?, ¿Qué estado inicial deberá tener la válvula, normalmente cerrada o normalmente abierta?, número de vías, presión, temperatura, voltaje, etc.

Tabla 28.

Características cuantitativas para la selección de electroválvula.

Descripción	Festo VZWF SERIES	Danfoss EV220A	Asco 210
Presión de Funcionamiento (Bar)	0 a 10	0.3 a 16	0.2 a 10
Tensión de alimentación (VDc)	24	24	24
Temperatura °C	10 a 80	14 a 140	0 a 85
Estructura ext.	Latón	Latón	Latón
Estructura int.	Acero inoxidable	Acero inoxidable	Acero inoxidable
Función	N/C	N/C	N/C
Tiempo de conmutación a la conexión (ms)	130	60	295
Tiempo de conmutación a la desconexión (ms)	180	300	550
Grado de protección	IP65	IP65	IP67

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 28 se ilustra las características cuantitativas de las 3 marcas más destacadas del gran abanico que existe en el mercado de las cuales seleccionamos la electroválvula Festo VZWF ya que cumple con las características que demanda el sistema planteado. En cuanto a lo cualitativo, cabe mencionar que la empresa Festo cuenta con soporte técnico a nivel nacional e internacional, como también de una gran variedad de dispositivos de repuesto y actualización de los mismos.



Figura 61. Electroválvula VZWF series FESTO.

Fuente: (Adaptado de FESTO, Electroválvulas y válvulas neumáticas Tiger Classic, 2019, p2).

e. Pantalla HMI.

Hoy en día, la interfaz Hombre-Máquina se ha ido desrollando junto con la tecnología y los requerimientos de la industria, evolucionando de elementos de comunicación básicos entre el trabajador y el trabajo, a componentes inteligentes de monitoreo y control.

La tabla 28 nos ilustra un consolidado de dispositivos Hmi donde servirá como guía para elegir el dispositivo que se preste de forma adecuada a las necesidades del proyecto.

Tabla 29.

Criterio cuantitativo para selección de interface Hombre-Maquina.

DISPOSITIVO	MODO DE OPERACIÓN	PANTALLA	MEMORIA	INTERFACE	SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN	CONDICIONES DE OPERACIÓN	ALIMENTACIÓN
UNITRON ICS VISION 1210	Touchscreen.	12.1"/65.54 colores	2Mb Lógica, 1Mb Fuentes, 32 Mb para imágenes	RS-232/485, TCP/IP Ethernet, Web Server, GSM, Modbus, Can Open, Ubican, MicroSD Card.	Visilogic (gratuito).	0°C a 50°C / 5% a 95% de humedad sin condensados.	24 VCD.
SIEMENS SIMATIC KTP 1000	Touchscreen más teclado.	7", 9" / pantalla ancha TFT/ 16 millones de colores/ retroiluminación LED.	12 MB.	PROFINET (Ethernet).	WinCC Comfort V13 SP1.	0°C a 45°C, humedad relativa del aire en servicio máx. 90%.	24 VDC.
EATON XV300	Touchscreen (Multitouch).	7", 10"/ color display, TFT, antirreflectante/ 1024 x 600 pixels/ LED.	1 GB internal storage, 512MB RAM / 120kB retain memory for PLC.	1 x Ethernet/1 x USB Host, 1 x USB Device/1 x SD Card Slot/1 x RS232/1 x RS485/1 x CAN.	Galileo, XSOFT-CODESYS-2, XSOFTCODE SYS-3.	0°C a 50°C	24 VDC.
ABB PANEL 800 VERSIÓN 6	Touchscreen.	4.3" - 15.4"/TFT-LCD 64k-262K LED Backlight/350-450 (cd/m2).	128 MB (DDR2)	Ethernet, USB 2.0, SD card (opcional).	Panel Builder 6.	-10°C a 60° C.	(AC/DC): 24 VDC.
MITSUBISHI ELECTRIC GOT2000	Touchscreen.	3.8", 5.7", 8.4", 10.4", 12.1", 15" /XVGA, SVGA, VGA/ White LED/ 65536 colores.	Memory for storage (ROM) 57MB (GT2705 has 32MB)/ Memory for operation (RAM) 128MB (GT2705 has 80MB).	Ethernet, RS-232, RS-422/485/ USB host (USB-A) 2ch (High-Speed 480Mbps)/ USB device (USB Mini-B) 1ch (High-Speed 480Mbps).	GT Designer 3.	0° C a 55°C /10% RH a 90% RH.	5Vcc, 24Vcc y 100-240 VAC

Fuente: Elaboración propia.

Criterio cualitativo.

En cuanto a este criterio podemos decir que existe mucha información con respecto a este dispositivo, se cuenta con soporte técnico a nivel mundial además de contar con stock suficiente. Otro factor que hace que se seleccione este dispositivo es el autómata seleccionado anteriormente que es el PLC S7-1200 1214 AC/DC/RLY, al ser de la misma marca ya se cuenta con el software de programación el cual reduce costos de adquisición de software adicional para otras marcas y los dispositivos son compatibles.



Figura 62. Características técnicas del Simatic HMI KTP 1000.

Fuente: (Adaptado de “SIMATIC HMI”, Siemens, 2008, p16).

Se selecciona la pantalla HMI KTP 1000PN en función al análisis cuantitativo y cualitativo, mostrando en el análisis de la tabla 29.

3.1.4. Características de los dispositivos de protección.

a. Seta de emergencia.

La seguridad es toda acción encargada de minimizar los riesgos en una planta automatizada. Es por ello que se instalaran setas de emergencia en cada punto diferenciado de los procesos.

Tabla 30.

Criterio cuantitativo para selección del pulsador de paro de emergencia.

Descripción	Siemens 3SU1100-1HA20- 1CH0	Schneider Electric XB4BS8445	ABB 1SFA619550R1041
Número de puntos de mando	1	1	1
Tipo de elemento de accionamiento	Enclavamiento forzado	Acción trigger y enclavamiento mecánico	Enclavamiento mecánico
Modo de funcionamiento del actuador	Con enclavamiento	Abertura lenta	Liberación de giro
Material del actuador	Plástico	Zamak	Policarbonato
Material de los contactos	Aleación de plata	Aleación de plata (Ag/Ni)	Aleación de plata
Color del actuador	Rojo	Rojo	Rojo
Forma del actuador	Redondo	Circular	Redondo
Diámetro exterior del actuador (mm)	40	40	40
Tipo de desenclavamiento	Desenclavamiento por tracción	Desenclavamiento por tracción	Desenclavamiento por tracción
Material del soporte	Plástico	Metálico	Poliéster
Tensión de aislamiento (V)	500	600	300
Resistencia a tensión de choque valor asignado	6kv	6kv	6kv
Grado de protección nema	NEMA 1, 2, 3, 3R, 4, 4X, 12, 13	NEMA 13 NEMA 4X	NEMA 1
Grado de protección	IP66, IP67, IP69 (IP69K), IP20	IP66, IP67, IP69, IP69K	IP66, IP67, IP69K

En la Tabla 30. Podemos observar las características que poseen cada marca, de la cual podemos notar que la marca siemens nos ofrece más grados de protección IP y NEMA la cual hace la diferencia entre sus competidores en el mercado.



Figura 63. Seta de emergencia Siemens 3SU1100-1HA20-1CH0

Fuente: (Manual de instalación Siemens, 2019, p1/7)

La seta de emergencia seleccionada es de la marca Siemens, modelo 3SU1100-1HA20-1CH0. Su función y será la parada total del proceso que se esté llevando a cabo y solo se usara en ocasiones de extrema necesidad.

Estará configurado como NC (normalmente cerrado) con un enclavamiento especial y cambiará de configuración a (NA) cuando se cuándo esta sea accionada. Este sistemas es de vital importancia ya que dependerá de este la seguridad del personal y los activos de la empresa.

b. Sirena de Alarma.

Es un dispositivo acústico visual que emite una notificación sonora acompañado de la emisión de una luz estroboscópica quien tiene como función alertar a los operarios de la planta de cualquier insidente o emergencia.

Tabla 31.

Criterio cuantitativo para selección del avisador acústico lumínico.

Descripción	Rodman AL-S	Qlightec S60ADS	Patlite RFV-24
Avisador	Acústico intermitente	Acústico intermitente	Acústico Luminico
Nivel sonoro (Db.)	85	100	95
Temperatura de funcionamiento (°C)	25 a 60	30 a 50	10 a 50
Fuente de alimentación (VDc)	24	24	24
Tasa de parpadeo (flashes/min)	40 a 60	60 a 80	115
Material de la caja	ABS	ABS	ABS
Material del lente	Polycarbonato	AS	Polycarbonato
Número de canales	1	2	15
Grado de protección	IP63	IP54	IP54

Fuente Elaboración Propia.

Se utilizará una bocina con luz estroboscópica de la marca PATLITE, serie RFV y modelo RFV-220F-R. La activación de este dispositivo dará cuenta de que está ocurriendo un evento fuera de lo normal y que se deberá prestar la atención debida.

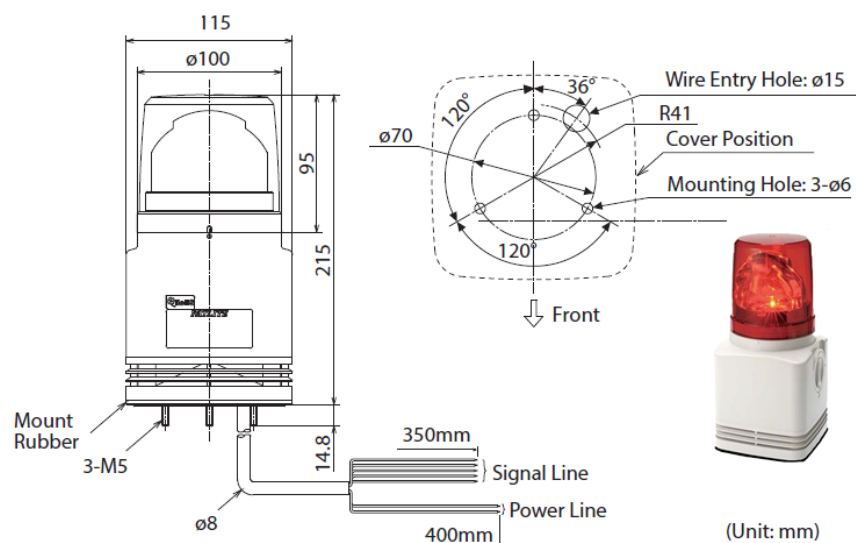


Figura 64. Alarma Patlite RFV-24.

Fuente: (Adaptado de manual patlite 2009, p12)

La figura 64 nos muestra las dimensiones que ocupa la sirena acústica visual de la marca PATLITE quien se monta de manera estratégica en cualquier superficie de la planta.

c. Interruptor Magnetotérmico

Es un dispositivo que interrumpe el paso de la energía eléctrica de un circuito automáticamente.

Se dispara cuando la corriente eléctrica excede el valor nominal establecido por el fabricante.

Tiene como finalidad proteger y dar seguridad a la instalación eléctrica de cualquier sobrecarga.

Tabla 32.

Criterio cuantitativo para selección del interruptor electromagnético de trifásico.

Descripción	Siemens 5SY4	Schneider A9F77440	Bticino FH84D40
Numero de polos	4P	4P	4P
Tensión o voltaje de operación en voltios (V)	230/400	230/400	230/400
Capacidad de corriente de operación en amperios (A).	40	40	40
Curva de característica de disparo.	D	D	D
Capacidad de corriente de cortocircuito.	10KA	10KA	10KVA
Grado de protección	IP20	IP20	IP20

Fuente Elaboración Propia.

En la tabla 32 podemos observar que las características cuantitativas entre las diferentes marcas no varían.

En cuanto a lo cualitativo la marca Schneider presenta mayor cantidad de stock en el mercado y bajos precios. Por tal motivo se selecciona el interruptor magnetotérmico de acuerdo al análisis previo de la sección de cables que se encuentra en el apartado 3.1.1.i y la potencia consumida

por la planta que se encuentra en el apartado 3.1.1 j3, la marca Schneider.

Modelo A9F77440



Figura 65. Interruptor Magnetotérmico 4P/40A/10 kA, Curva D

Fuente: (Adaptado de ficha técnica Schneider A9F77440, 2019, p1)

En la figura 65. Se muestra el interruptor electromagnético de la marca Schneider el cual funge de protección principal del cableado que va conectado desde la red hasta el tablero y presenta las siguientes características.

- Voltaje de trabajo 230/400V CA.
- Clase AC con protección de disparos repentino hasta 250A, según onda 8/20 ms.
- Activación inmediata.
- Conexión a través de bornes para cables de cobre: Flexible hasta 35mm² y rígido hasta 50mm².

Del mismo modo se seleccionará el interruptor magnetotérmico de 2 polos que alimentará al PLC y los dispositivos que requieran de una alimentación monofásica

Tabla 33.

Criterio cuantitativo para selección del interruptor electromagnético de monofásico.

Descripción	Siemens 5SY4220-7	Schneider A9F79210	Bticino FH82C10
Numero de polos	2P	2P	2P
Tensión o voltaje de operación en voltios (V)	220	220	220
Capacidad de corriente de operación en amperios (A).	10	10	10
Curva de característica de disparo.	C	C	C
Capacidad de corriente de cortocircuito.	10KA	10KV	10KV
Grado de protección	IP20	IP20	IP20

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 33. podemos observar que las características cuantitativas entre las diferentes marcas no varían.

En cuanto a lo cualitativo la marca Schneider presenta mayor cantidad de stock en el mercado y bajos precios. Por tal motivo se selecciona el interruptor magnetotérmico de acuerdo al análisis previo de la sección de cables que se encuentra en el apartado 3.1.1.i y la potencia consumida por la planta que se encuentra en el apartado 3.1.1 j3, la marca Schneider.

Modelo A9F79210



Figura 66. Interruptor Magnetotérmico 2P/10A/10 kA, Curva C

Fuente: (Adaptado de ficha técnica Schneider A9F79210, 2019, p1)

En la figura 66. Se muestra el interruptor electromagnético de la marca Schneider el cual funge de protección principal del cableado que va conectado desde la derivación de red trifásica hasta los dispositivos de control y presenta las siguientes características.

- Voltaje de trabajo 230/400V CA.
- Clase C y protección de disparo repentino hasta 10KA,
- Activación inmediata.
- Conexión a través de bornes para cables de cobre: Flexible hasta 35mm² y rígido hasta 50mm².

d. Diferencial

Es un dispositivo electromecánico, utilizado como sistema de protección automático en caso de pérdida de energía en el circuito eléctrico, con la finalidad de resguardar la integridad física de las personas.

Tabla 34.

Criterio cuantitativo para selección del disyuntor electromagnético de 4 polos.

Descripción	Siemens 5SM1344-0MB	Schneider A9R71440	Bticino G743AC40
Numero de polos	4	4	4
Tensión o voltaje de operación en voltios (V)	400	380 A 415	400
Capacidad de corriente de operación en amperios (A).	40	40	40
clase de protección contra fugas a tierra	AC	AC	AC
sensibilidad ante fugas a tierra	0.03 A	0.03 A	0.03 A
Grado de protección	IP20	IP20	IP20

En la tabla 34. podemos observar que las características cuantitativas entre las diferentes marcas no varían.

En cuanto a lo cualitativo la marca Schneider presenta mayor cantidad de stock en el mercado y bajos precios. Por tal motivo se selecciona el disyuntor electromecánico de acuerdo al análisis previo de la sección de

cables que se encuentra en el apartado 3.1.1.i y la potencia consumida por la planta que se encuentra en el apartado 3.1.1 j3, la marca Schneider. Modelo A9R71440



Figura 67. Diferencial 4P/40A/30mA. Clase AC.

Fuente: (Adaptado de ficha técnica Schneider A9R71440, 2019, p1)

En la figura 67. Se muestra el interruptor electromagnético de la marca Schneider el cual funge de protección principal del cableado que va conectado desde la red hasta los dispositivos de control y presenta las siguientes características.

- Voltaje de trabajo 230/400V CA.
- Clase AC protección de disparo repentino hasta 250A, según onda 8/20 ms.
- Activación inmediata.
- Conexión a través de bornes para cables de cobre: Flexible hasta 35mm² y rígido hasta 50mm².

Del mismo modo se seleccionará el disyuntor magnetotérmico de 2 polos que fungirá de protección de cualquier sobre descarga al aperiodador.

Tabla 35.

Criterio cuantitativo para selección del disyuntor electromagnético de 2 polos.

Descripción	Siemens 5SM11111-0	Schneider A9R71225	Bticino G723AC25
Numero de polos	2	2	2
Tensión o voltaje de operación en voltios (V)	400	380 a 415	400
Capacidad de corriente de operación en amperios (A).	16	25	25
clase de protección contra fugas a tierra	AC	AC	AC
sensibilidad ante fugas a tierra	0.03 A	0.03 A	0.03 A
Grado de protección	IP20	IP20	IP20

En la tabla 35 podemos observar que las características cuantitativas entre las diferentes marcas no varían.

En cuanto a lo cualitativo la marca Schneider presenta mayor cantidad de stock en el mercado y bajos precios. Por tal motivo se selecciona el disyuntor electromecánico de acuerdo al análisis previo de la sección de cables que se encuentra en el apartado 3.1.1.i y la potencia consumida por la planta que se encuentra en el apartado 3.1.1 j3, la marca Schneider.

Modelo A9R71225



Figura 68. Diferenciales 2P/25A/30mA. clase AC.

Fuente: (Adaptado de ficha técnica Schneider A9R71225, 2019, p1)

En la figura 68. Se muestra el interruptor electromagnético de la marca Schneider el cual funge de protección principal del cableado que va conectado desde la derivación de la red trifásica hasta los dispositivos de control y presenta las siguientes características

- Voltaje e trabajo 230/400V CA.
- Clase AC y protección de disparo repentino hasta 250A, según onda 8/20 ms.
- Activación inmediata.
- Conexión a través de bornes para cables de cobre: Flexible hasta 35mm² y rígido hasta 50mm².

e. Motor Trifásico 1.5 Hp

Motor trifásico. Es una máquina eléctrica rotativa, que transforma la energía eléctrica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en las bobinas del estator como del rotor en energía mecánica.

Tabla 36.

Criterio cuantitativo para selección del motor correspondiente al agitador de fluidos.

Modelo	Siemens RGZE	Marathon HJN-HO 80 GX-2	Abb CAS-12
Tipo	Trifásico	Trifásico	Trifásico
Potencia (Hp)	1.5	1.5	1.5
Velocidad (Rpm)	1800	3600	1800
Frecuencia (Hz)	60	60	60
Tensión de alimentación (V)	230/460	220/380/440	220/440
Tamaño de armazón (Nema)	143T	IE3	F/ AT B

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 36. podemos observar las principales características cuantitativas con las que cuenta cada marca y modelo, en función al

análisis realizado en el apartado 3.1.1.i se selecciona como mejor opción la marca Siemens modelo RGZE.



Figura 69. Motor trifásico de 1.5Hp Siemens RGZE

Fuente: Adaptado de “catálogo general SDO3”, Siemens 2007, p1)

En la figura 69. Se aprecia el motor trifásico que va a ser utilizado para el movimiento de las paletas del agitador el cual va a ser controlado por el PLC por medio del y regulado por variador de frecuencia.

f. Motorreductor Trifásico 1 Hp

Un motorreductor es un conexionado de engranajes conectado directamente a un motor formando un cuerpo compacto, el cual tiene como finalidad hacer que el motor funcione a diferentes velocidades.

Tabla 37.

Criterio cuantitativo para selección del motor correspondiente a la faja transportadora.

Modelo	Siemens 2KJ1500-1CH13- 1AD1	Delcrosa FUG-11	Weg WG20
Tipo	Trifásico	Trifásico	Trifásico
	Cónico Helicoidal	Cónico Helicoidal	Cónico Helicoidal
Potencia (Hp)	1	1	1
Velocidad de salida (Rpm)	0.06 a 367	0.09 a 298	0.07 a 280
Frecuencia (Hz)	60	60	60
Tensión de alimentación (V)	230/400	220/380	230/400
Tamaño de armazón (Nema)	K8	K8	K8

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 37. Se puede observar las principales características cuantitativas con las que cuenta cada marca y modelo, en función al análisis realizado en el apartado 3.1.1.d se selecciona como mejor opción la marca Siemens modelo Motox 2KJ1500-1CH13-1AD1.

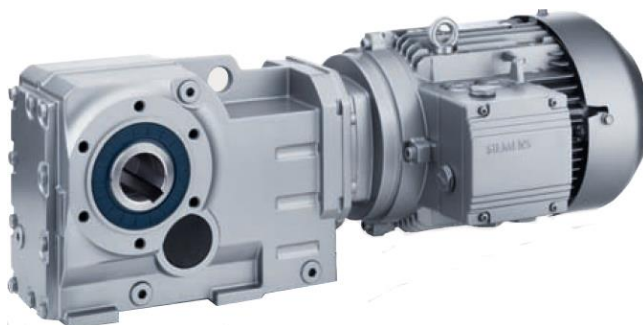


Figura 70. Motorreductor trifásico de 1 Hp 2KJ1500-1CH13-1AD1

Fuente: Adaptado de “catálogo general D87.1”, Siemens 2008, p1)

En la figura70. Se aprecia el motor trifásico de 1.5Hp que va a ser utilizado para el movimiento la banda transportadora el cual va a ser controlado por el PLC – S71200.

CAPITULO 4

RESULTADOS

4.1. Resultados.

- Se realizó el diseño de las tolvas que contendrán los colores primarios Cian, Magenta y Amarillo en función al análisis realizado en el apartado 3.1.1.b. que nos arroja los siguientes datos:

Altura del cilindro : 2.0000 m

Altura del cono : 1.4500 m

Radio del cilindro : 0.8005 m

Radio menor del cono : 0.0075 m

Presión en el fondo de la tolva : 52.22 Kpa

Presión en las paredes de la tolva : 10.44 Kpa

El cual en su interior albergará el volumen de 5000L .

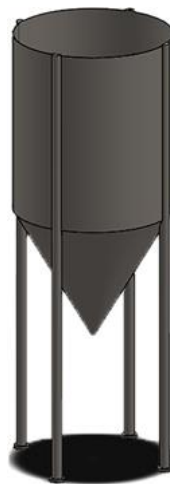


Figura 71. Tolva de 5000L.

Fuente: Elaboración propia.

- Se realizó el diseño del tablero de control en el software AutoCAD en función al análisis realizado en el apartado 3.1.2.a. (descripción de sistema), obteniendo 26 entradas digitales. 6 entradas analógicas y 14 salidas.

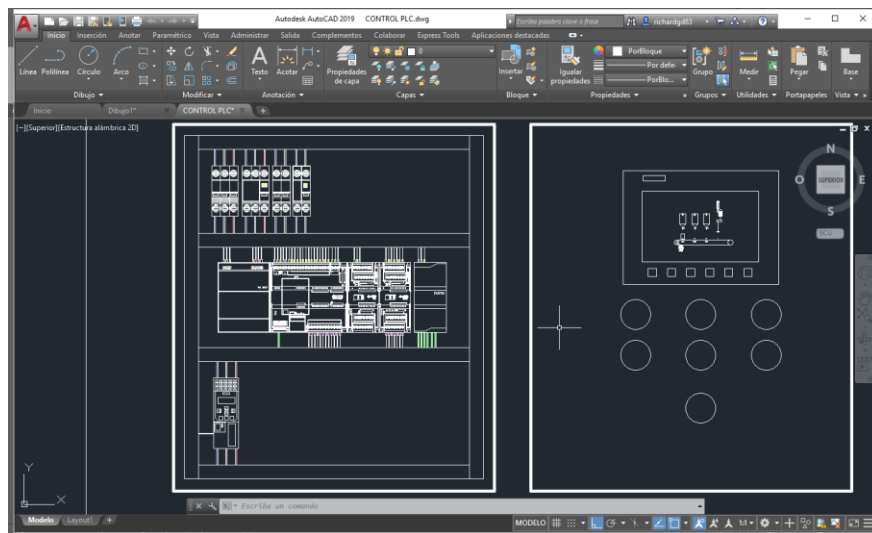


Figura 72. Diseño del tablero de control.

Fuente: Elaboración propia.

Los cuáles serán cubiertos por los dispositivos seleccionados a continuación:

01 autómata PLC S71200 – 1214AC/DC/RLY de la marca Siemens.

01 módulo De Comunicación CSM1227 de la marca Siemens.

01 módulo de entradas digitales Sm1221 de la marca Siemens.

01 módulo de entradas analógicas Sm 1231 de la marca Siemens.

01 Fuente de alimentación Pm 1207 de la marca Siemens.

01 interruptor magnetotérmico de 4P/40A/10KA de la marca Schneider

03 interruptores magnetotérmicos de 2P/10A/10KA de la marca Schneider

01 disyuntor electromecánico de 4P/40A/30mA de la marca Schneider

03 disyuntores electromecánicos de 2P/25A/30mA de la marca Schneider

- Se determinó la selección del autómata en base a los criterios cuantitativos que hace referencia la tabla 19. y cualitativos que nos presenta como mejor opción al autómata S7-1200 1214 AC/DC/RLY, realizando su programación en lenguaje ladder en función a los apartados 3.1.1, 3.1.2, del mismo modo la pantalla HMI KTP1000PN (tabla 28) en la cual se realizó el diseño del sistema scada, introduciendo en el 17 botones y 9 pantallas en función al apartado 2.1.1 así mismo el variador de frecuencia G120 (tabla 25). Que está programado mediante el software Tia Portal V13 en función al apartado 3.1.1.

Automata PLC S7-1200 1214C AC/DC/RLY



Figura 73. PLC S7-1200 1214C AC/DC/RLY

Fuente: Recuperado de “Simatic S7 Controlador programable S7-1200 Manual del sistema.”, Siemens. 2012. p.19.

Pantalla HMI KTP1000PN



Figura 74. Pantalla Hmi KTP1000NP.

Fuente: (Adaptado de "SIMATIC HMI", Siemens, 2008, p16).

Variador de frecuencia G120



Figura 75. Variador de frecuencia Sinamics G120.

Fuente: (Adaptado de Sinamics G120, 2017, p50).

- Se calculó la potencia de los motores tanto del agitador como de la faja transportadora en función al análisis de esfuerzos y torque realizados en los apartados 3.1.1.i y 3.1.1.d. respectivamente. Los cuales nos arrojan los siguientes valores:

01 motor de la faja transportadora : 1 Hp \approx 745.7 Watts

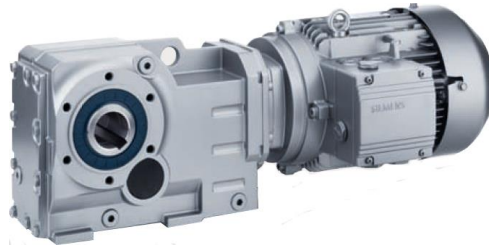


Figura 76. Motorreductor trifásico de 1 Hp 2KJ1500-1CH13-1AD1

Fuente: Adaptado de “catálogo general D87.1 ”, Siemens 2008, p1)

01 motor del agitador de fluidos : 1.5 Hp \approx 1118.55 Watts



Figura 77. Motor trifásico de 1.5Hp Siemens RGZE

Fuente: Adaptado de “catálogo general SDO3 ”, Siemens 2007, p1)

Lo cual hacen un consumo total de 1863.7 watts

- Se realizó la selección de 11 sensores y 6 actuadores tomando en consideración las características señaladas en la tabla 25, 26 y 27 . como son :
 - 03 sensores ultrasónicos 3RG6015–3AF00 Siemens.
 - 05 sensores fotoeléctricos 3RG74 00–7AB00 Siemens.
 - 03 celdas de carga Siwarex WL260 SP-S AC.
 - 03 electroválvulas VZWF series FESTO

- Se logró realizar la programación en lenguaje ladder para la ejecución de una respuesta predeterminada, a todas las posibles combinaciones de estados de acuerdo a la información que recibe en función al diagrama de flujo del apartado 3.1.1.c.

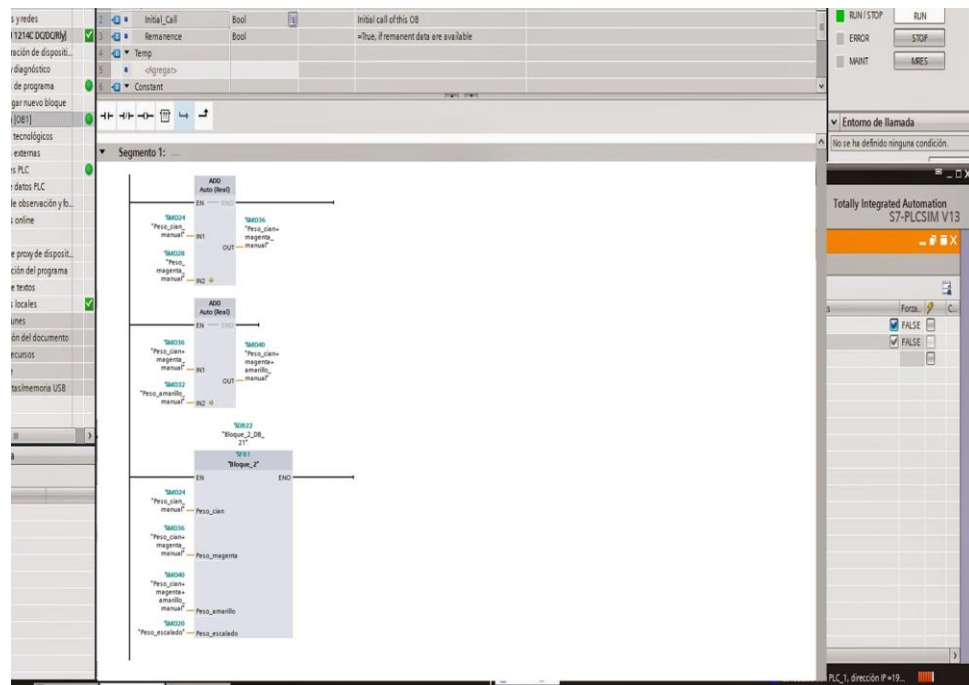


Figura 78. Programación en lenguaje ladder.

Fuente: Elaboración propia.

- Se logró realizar la plataforma para la interface hombre maquina con la cual se podrá controlar y supervisar el proceso de producción por medio del intercambio de información en tiempo real con los equipos de campo, asimismo tener un control del proceso de forma automática, obtener de todos los datos que se dan en el proceso productivo (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.) y permitir su gestión e intervención.

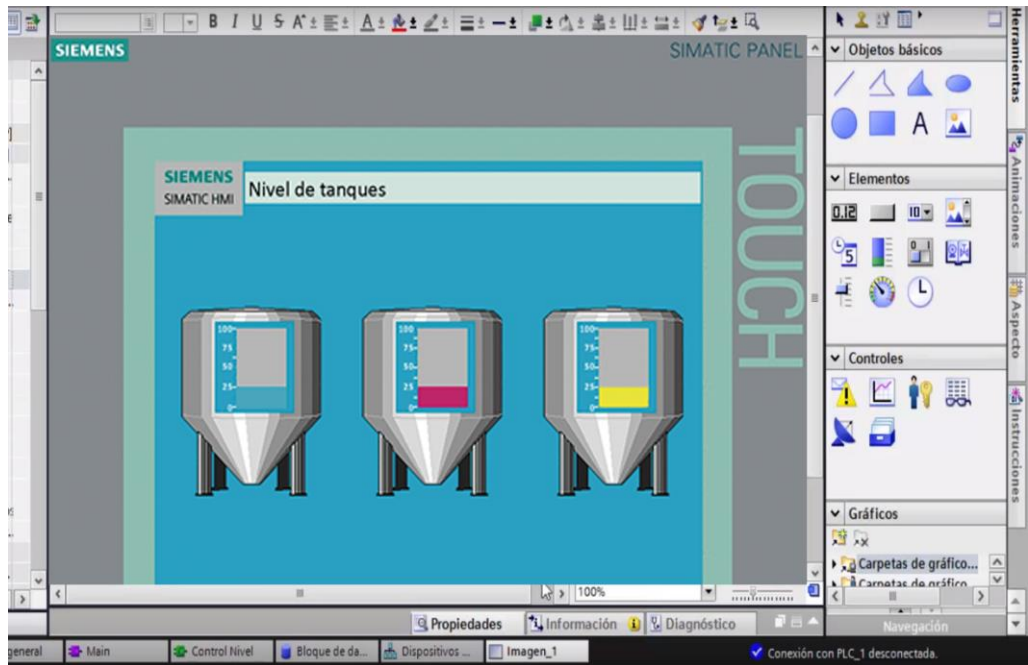


Figura 79. Plataforma de interface hombre - maquina

Fuente: Elaboración propia

- Se logró realizar el plano eléctrico para el control de motores, la cual contiene la información detallada de los dispositivos existentes en función al análisis realizado en el apartado 3.1.1 y 3.1.2.

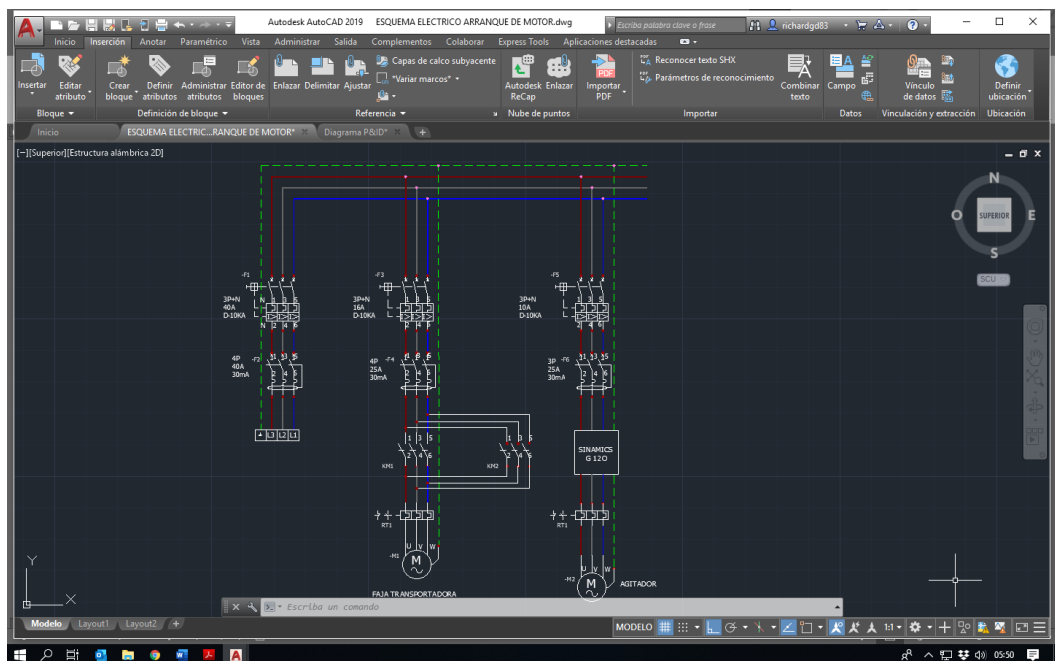


Figura 80. Plano eléctrico de control de motores

Fuente elaboración propia

- Se logró realizar el plano eléctrico del tablero en función al análisis realizado en el apartado 3.1.1.k y 3.1.1.p, el cual se encuentra con mayor detalle en el anexo j

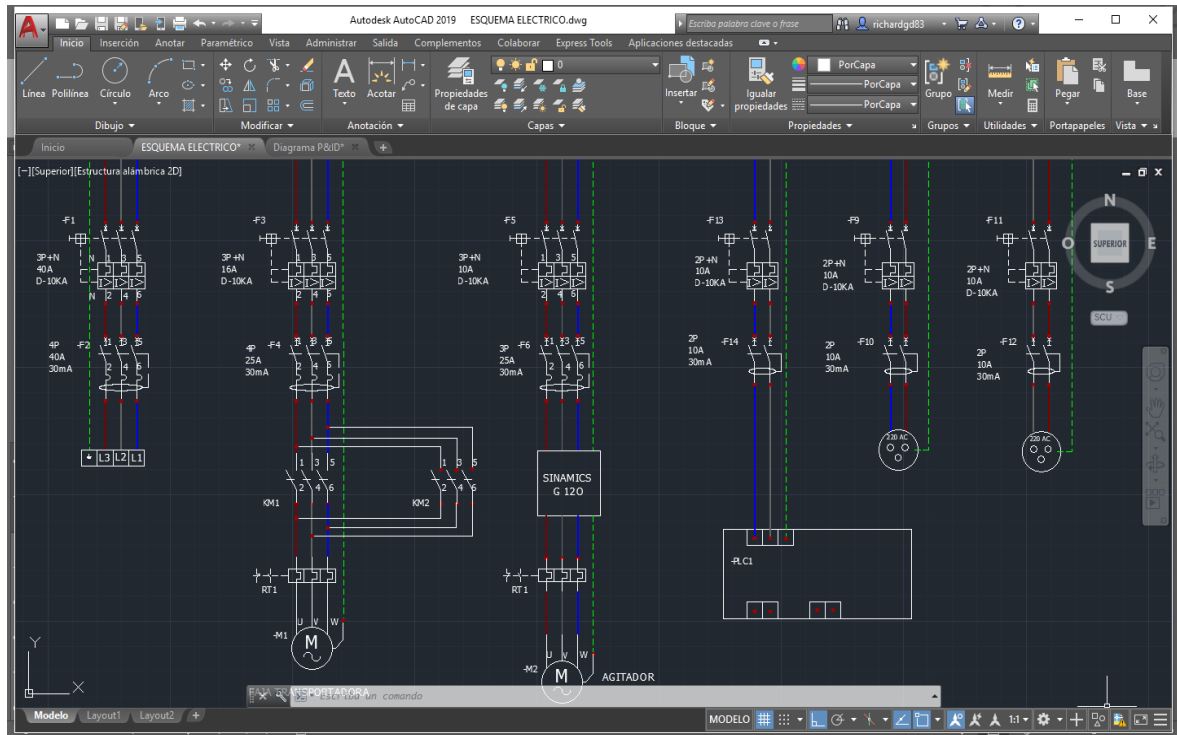


Figura 81. Plano eléctrico del tablero de control.

Elaboración propia

- Se logró realizar el diagrama P&ID del sistema el cual nos muestra en detalle el flujo de la pintura por las tuberías, así como el instrumental y los dispositivos instalados en función al análisis realizado en el apartado 3.1.1

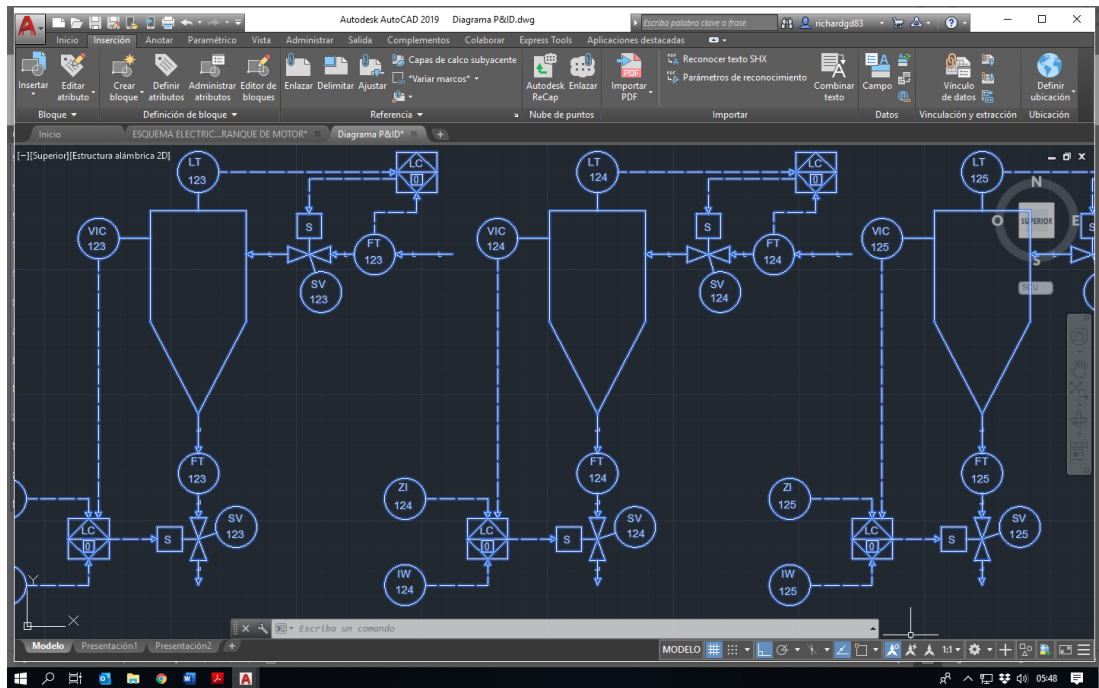


Figura 82. Diagrama P&ID

Fuente: Elaboración propia

4.2. Presupuesto

DESCRIPCION	Unit	Cost/Un	IMPORTE
Servicio de programación del Autómata en software Tia Portal V13	32	\$35.00	\$1,120.00
Servicio de programación de la pantalla HMI Tia Portal V13	20	\$25.00	\$500.00
Servicio de programación del Variador de frecuencia Sinamics G120	15	\$25.00	\$375.00
Servicio de montaje e instalación de dispositivos	30	\$35.00	\$1,050.00
PROGRAMACION	Sub Total		\$3,045.00
	Igv		18%
	Total		\$3,593.10

DESCRIPCION	Unit	Cost/Un	IMPORTE
PLC S7-1214 AC/DC/RLY	1	\$412.64	\$412.64
Modulo SM 1221 DC	1	\$158.46	\$158.46
Modulo SM 1222 RLY	1	\$167.84	\$167.84
Modulo analógico SB 1232 AQ	1	\$103.33	\$103.33
Switch Csm 1227 Simatic Net	1	\$122.96	\$122.96
Pantalla HMI Simatic KTP1000PN	1	\$1,494.62	\$1,494.62
Variador de frecuencia Sinamic G120	1	\$532.89	\$532.89
Fuente de Alimentación DC PM1207	1	\$282.00	\$282.00
SOFTWARE Y HARDWARE	Sub Total		\$3,274.74
	Igv		18%
	Total		\$3,864.19

DESCRIPCION	Unit	Cost/Un	IMPORTE
Sensor fotoeléctrico	5	\$23.98	\$119.90
Sensor ultrasónico	3	\$53.56	\$160.69
Sensor de carga	1	\$20.00	\$20.00
Cable azul 0.5mm2	1	\$29.04	\$29.04
Cable gris 1.5mm2	1	\$29.04	\$29.04
Cable marrón 1.5mm2	1	\$29.04	\$29.04
Cable rojo 1.5mm2	1	\$31.65	\$31.65
Cable apantallado de 3 hilos	1	\$109.00	\$109.00
Motor	1	\$53.07	\$53.07
Faja transportadora	1	\$1,308.00	\$1,308.00
MATERIAL ELECTRICO	Sub Total		\$1,889.43
	Igv		18%
	Total		\$2,229.53

DESCRIPCION	Unit	Cost/Un	IMPORTE
Interruptor Magnetotérmico 4p 40A	1	\$1,591.40	\$1,591.40
Interruptor Magnetotérmico 4p 16A	1	\$26.81	\$26.81
Interruptor Magnetotérmico 2p 10A	1	\$20.70	\$20.70
Interruptor Diferencial 4p 25A 30mA	1	\$37.05	\$37.05
Interruptor Diferencial 2p 25A 30mA	2	\$20.70	\$41.40
Fuente de Alimentación 230/24V	1	\$21.75	\$21.75
Pulsador inicio	1	\$6.55	\$6.55
Pulsador stop	1	\$6.55	\$6.55
Pulsador Reset	1	\$6.55	\$6.55
Seta de emergencia	1	\$13.90	\$13.90
Piloto Led Verde	1	\$4.59	\$4.59
Piloto Led Rojo	1	\$4.59	\$4.59
Piloto Led Verde	1	\$4.59	\$4.59
Piloto Led Blanco	1	\$4.59	\$4.59
Piloto Led Ámbar	1	\$4.59	\$4.59
Selector	1	\$10.08	\$10.08
Carril Din	3	\$5.06	\$15.17
Armario	1	\$125.35	\$125.35
Canaleta (60 x 40)	4	\$2.62	\$10.46
ARMARIO DEL PLC		Sub Total	\$184.01
		Igv	18%
		Total	\$217.14

DESCRIPCION	IMPORTE
Software y hardware	\$3,864.19
Material eléctrico	\$2,229.53
Armario	\$217.14
Programación	\$3,593.10
RESUMEN	\$9,903.96

4.3. Cronograma de Actividades

ACTIVIDADES	MESES									
	DIC		ENE		FEB		MAR		ABR	
Capítulo 1: Definición del problemas, descripción del problema.	3									
Objetivo general y objetivos específicos, alcances y limitaciones, justificación y motivación, viabilidad del proyecto.		17								
Capítulo 1: Antecedentes, fundamento teórico.			14							
Capítulo 2: Revisión de fundamento teórico según APA.				28						
Capítulo 3: Desarrollo de la solución , metodología propuesta (análisis, diseño y selección).					11					
Capítulo 3: Revisión de análisis.						25				
Capítulo 3: Revisión de diseño.							11			
Capítulo 3: Revisión de selección.								25		
Capítulo 4: Resultados, presupuesto, cronograma									8	
Revisión final de la tesis										22

CONCLUSIONES

- Se logró diseñar el automatismo de una línea de producción de pinturas aplicadas a vehículos automotores. Este diseño, introduce ventajas a la producción industrial como: la reducción en un rango de 20 a 70% del consumo de energía eléctrica de acuerdo al trabajo realizado por Alejandro Pérez L (2009) y Gómez D. (2009) sobre los veneficios que brinda el uso del variador de frecuencia (p. 12 de esta tesis), reducción en un rango de 80 a 95% de los errores de producción atribuidas al operador de acuerdo con Abierto J. (2017) debido a la sustitución de funciones manuales que realizaba el operador por el autómata (pg. 12 de esta tesis), incremento de la eficiencia y calidad de la pintura entre 80 a 95%, ofrece homogeneidad en las producciones por la implementación automatizada de la fórmula o personalización en un 100%, reducción del esfuerzo físico de los operadores de la planta y aumento de la seguridad funcional en la misma.

- Se establecieron los parámetros y rangos que intervienen en la fabricación de pinturas de uso automotriz, tomando en consideración los volúmenes de 1L (108mm x 125mm), 3L (148mm x 190.10mm) y 5L (178*216.70); tipo del material de los contenedores; Características del agitador como tipo de hélice (3 aspas), potencia del motor(1.5HP) en función al análisis realizado en el apartado 3.1.1.i; las características de la faja transportadora como la potencia del motor (1Hp), las

dimensiones de la faja transportadora (6000*450*900mm) en función al análisis realizado en el apartado 3.1.1.d; el dimensionamiento de las tolvas que contendrán las pinturas de los colores primarios en función al análisis realizado en el apartado 3.1.1 b; proporción de la gama de colores introducidas al autómatas según el análisis realizado en el apartado 3.1.1e.

- Se describió de forma textual y grafica la secuencia del proceso de fabricación de pinturas aplicadas a vehículos automotrices, con la cual se hizo un levantamiento de información para luego analizar, diseñar y seleccionar los diferentes componentes que intervendrán en el proceso de automatización .
- Se seleccionaron los equipos de adquisición de datos en función al análisis de los parámetros iniciales realizados en el apartado 3.1.1 y sus diferentes variantes, para lo cual se realizaron cuadros comparativos (apartado 3.1.3) y así de esta manera poder seleccionar los dispositivos que el sistema requiere, como sensores de nivel (sonares ultrasónicos 3 uni.3.1.3.c2), sensores fotoeléctricos (4 uni. 3.1.3.c1) y balanzas electrónicas (celdas de carga 3 uni. 3.1.3.c3), que envían señales al autómatas el cual lo procesa y acciona los diferentes actuadores para manejar el flujo de la pintura y realizar el control lógico secuencial del proceso.

Se estableció una pantalla HMI KTP 1000NP (3.1.3.e), como nexo amigable y sencillo al operador de la planta para realizar el control y la monitorización del proceso. Asimismo, para lograr la comunicación entre los elementos de automatización, se diseñó una red de control y monitoreo basada en la red Profinet (Ethernet Industrial).

- Se seleccionaron dispositivos eléctricos y electrónicos para el diseño del tablero eléctrico y de control de acuerdo a los procedimientos normados que establecen el código de instalaciones eléctricas, tomando en cuenta el autómatas S7-1200 1214 AC/DC/RLY de la marca Siemens, soportes de sujeción, actuadores y dispositivos de campo antes mencionados.

BIBLIOGRAFIA

Aguilera, M. (2002). *Programación de PLCs (Tesis de maestría)*. Universidad Autónoma de Nuevo Leon, San Nicolas de los Garza, N.L

Arana, L. (2017). *Variadores De Frecuencia Para El Control De Velocidad De Motores Asíncronos Jaula De Ardilla* (Tesis de pregrado). Quito D.M

Arbieto, J. (2017). *Automatización de un sistema de mezclado de pintura mediante el PLCs siemens logo 230rc, como alternativa para reducir los tiempos muertos originados por el actual proceso manual* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Villa el Salvador.

Belmar, R. (2012). *Instalación de un sistema automatizado de pintura en una fábrica de armarios eléctricos* (Tesis de pregrado). Universidad Carlos III de Madrid, Madrid.

Cadenillas, G., Elias, A., Diaz, L. y Quiroz, G. (2014). *Informe del Proceso Productivo*. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/316730036/TALLER-DE-FABRICACION-DE-PINTURAS-docx>

Choque, J. (2016). *Optimización y control de calidad en la construcción de silo de almacenamiento para material puzolánico*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.

Entrena, F. (2015). *Instalación de equipos y elementos de sistemas de automatización industrial*. México: Ic Editorial.

Gallegos, J., Delgado, E. (2015). *Diseño e implementación de una Red industrial modbus para el control de actuadores trifásicos en el laboratorio de fabricación flexible*. (Tesis de pregrado). Guayaquil.

Manual del sistema de automatización S7-1200. Siemens, 04/2012. Número de referencia del manual: A5E02486683-06.

Manual de Ingeniería Bandas Transportadoras. Contitech Conveyor Belt Group:
<http://clientes.bcsoporte.com/tecniband/wp-content/uploads/2013/03/ManualIngenieria.pdf> [consulta]

Manual del variador SINAMICS G120. Siemens, 09/2017. Número de referencia del manual: A5E33838102.

Manual de sistema WinCC Advanced V13.0 SP2, 03/2017. Número de referencia del manual: 6AV6618-7DD01-2AB0.

Omron Electronics LLC, (2012). *High Performing Programmable Controller with Embedded Ethernet*. Recuperado de
http://industrial.omron.com.br/uploads/arquivos/CP1L_E_datasheet-EN_201212.pdf

Panel de operador SIMATIC HMI KTP 1000 BASIC, 01/2009. Número de referencia del manual: A5E02421799-01

Piedrafita, R. (2004). *Ingeniería de la Automatización Industrial*. Madrid: RA-MA Editorial.

Rubio, J. (2016). *Automatización industrial*. España: Centro de Estudios Financieros.

Salazar, J. (2015). *Diseño del sistema de automatización de la fabricación de pinturas y del sistema para la transferencia fiscal del látex en la fábrica pintec de Guayaquil* (Tesis de maestría). Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Ecuador.

Salgado, G. Yanez, M (2008). *Diseño e implementación de un medidor de líquidos en tanques a través de un instrumento virtual y un sensor de ultrasonido para el laboratorio de máquinas eléctricas de la carrera de ciencias de la ingeniería y aplicadas de la universidad técnica de Cotopaxi* (Tesis de pregrado) Universidad Técnica De Cotopaxi, Latacunga.

Siemens, (2009). *Instrucciones de servicio SIMATIC NET S7-1200 Compact Switch Module CSM 1277*. Recuperado de

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/313/36087313/att_74878/v1/BA_S7-1200-CSM1277_78.pdf

Siemens, (2009). *Manual de sistema Simatic Net S7-1200 Compact Switch Module CSM 1277*. Recuperado de <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>

Torrejón, D. (2015). *Mejora del proceso de reparación de un taller de carrocería y pintura utilizando simulación de operaciones* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

Villar, J. (2017). *Automatización en fabricación mecánica*. España: Dextra.

ANEXO A

Programación de los diferentes bloques del sistema. PLC y HMI.

Tabla 38.

Listado de entradas del proceso en el PLC 1214 AC/DC/RLY, 214 1BG40-0X0B.

ENTRADAS		
Aplicación_ev_cian	Bool	%I0.2
Aplicación_ev_magenta	Bool	%I0.3
Aplicación_ev_amarillo	Bool	%I0.4
Induct_cian	Bool	%I2.0
Induct_magenta	Bool	%I2.1
Induct_amarillo	Bool	%I2.2
Induct_mezclador	Bool	%I2.3
Induct_fin	Bool	%I2.4
int_5	Bool	%I2.5
Pulsador_marcha	Bool	%I3.0
Pulsador_reset	Bool	%I3.1
Seta_emergencia (NC)	Bool	%I3.2
Modo_manual(NO)	Bool	%I3.3
Modo_auto(NC)	Bool	%I3.4
Pulsador_paro(NC)	Bool	%I3.5
Potenciometro_1	Word	%IW64
Potenciometro_2	Word	%IW66

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39.

Asignación de salidas del sistema.

SALIDAS		
HO_EV_Cian	Bool	%Q2.0
HI_EV_magenta	Bool	%Q2.1
H2_EV_amarillo	Bool	%Q2.2
H3	Bool	%Q2.3
H4	Bool	%Q2.4
H5_motor_cinta	Bool	%Q2.5
Luz_servicio	Bool	%Q3.0
Luz avería	Bool	%Q3.1
Luz_pulsador_paro	Bool	%Q3.2
Luz_pulsador_marcha	Bool	%Q3.3
Luz_pulsador_reset	Bool	%Q3.4
Voltmetro	Word	%QW80
Palabra_de_control	Word	%QW256
Velocidad	Int	%QW258

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40.
Asignación de marcas del sistema.

MARCAS		
Nivel_cian_bajo	Bool	%M5.0
Nivel_magenta_bajo	Bool	%M5.1
Nivel_amarillo_bajo	Bool	%M5.2
M_ev_cian	Bool	%M7.0
M_ev_magenta	Bool	%M7.1
M_ev_amarillo	Bool	%M7.2
Peso_escalado	Real	%MD20
Peso_cian_manual	Real	%MD24
Peso_magenta_manual	Real	%MD28
Peso_amarillo_manual	Real	%MD32
Peso_cian+magenta_manual	Real	%MD36
Peso_cian+magenta+amarillo_manual	Real	%MD40
Nivel_tanque_cian	Real	%MD48
Nivel_tanque_magenta	Real	%MD52
Nivel_tanque_amarillo	Real	%MD56
Registro_botes_total	Int	%MW60
Registro_botes_5L	Int	%MW62
Registro_botes_3L	Int	%MW64
Registro_botes_1L	Int	%MW66
Velocidad_izq	Word	%MW70
Velocidad_dcha	Word	%MW72
Tiempo_mezclado	Time	%MD74
M_azul	Bool	%M200.0
M_rojo	Bool	%M200.1
M_verde	Bool	%M200.2
M_naranja	Bool	%M200.3
M_marron	Bool	%M200.4
M_negro	Bool	%M200.5
M_amarillo	Bool	%M200.6
M_5L	Bool	%M201.0
M_3L	Bool	%M201.1
M_1L	Bool	%M201.2
M_variador	Bool	%M201.3

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO B

Configuración del Hardware del Autómata

Para la configuración del hardware del Autómata, se abre el programa Tia Portal, en el árbol que aparece a la izquierda, se selecciona crear proyecto.

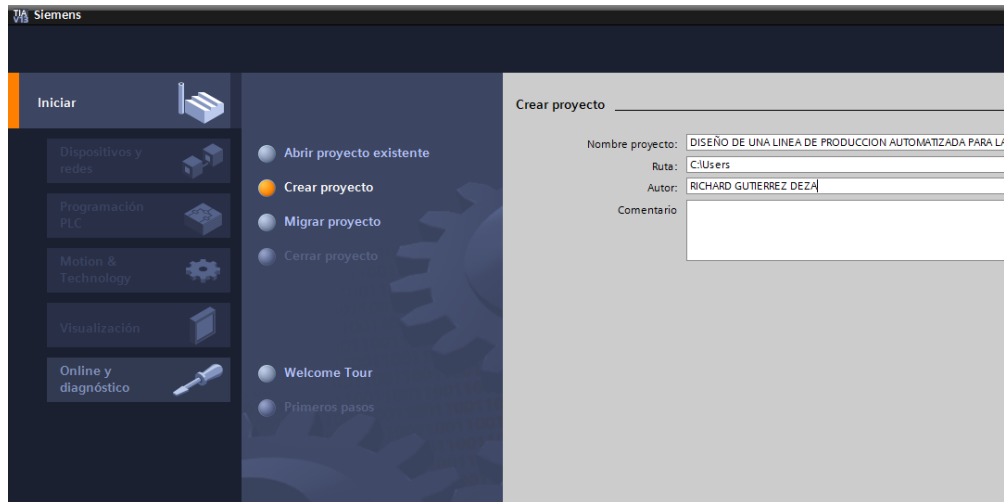


Figura 83. Creación de proyecto en plataforma Tia Portal V13 - paso 1.

Fuente: Elaboración propia.

Se muestra un pantallazo donde se selecciona, primeros pasos, para luego seleccionar configurar un dispositivo.

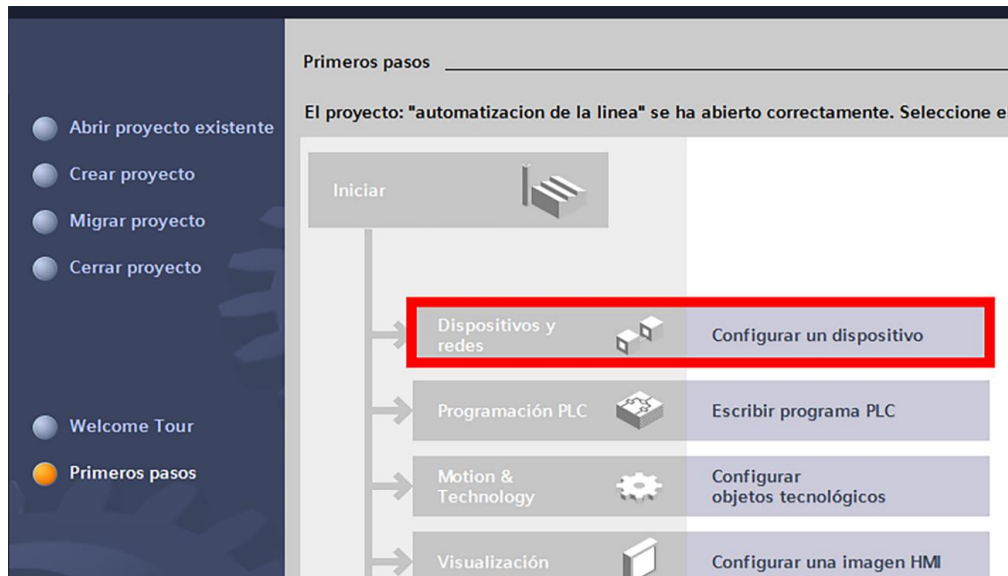


Figura 84. Creación de proyecto en plataforma Tia Portal V13 - paso 2.

Fuente: Elaboración propia.

Se abrirá una pantalla en la cual nos muestra un menú con los diferentes dispositivos que cuenta el software TIA Portal del cual se seleccionará el tipo de dispositivo a utilizar.

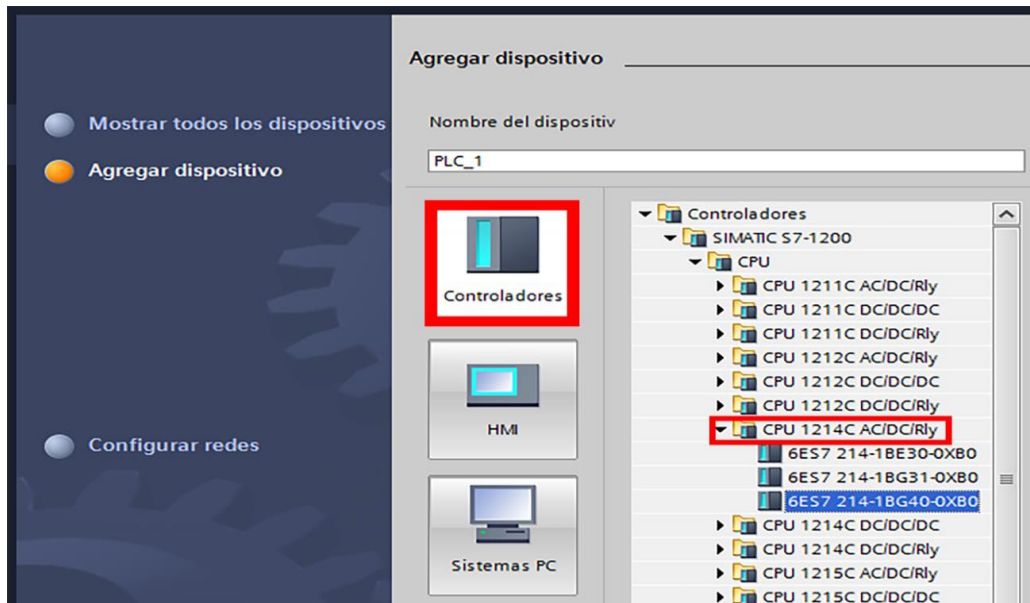


Figura 85. Creación de proyecto en plataforma Tia Portal V13 - paso 3.

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo se inserta la pantalla HMI y la activación del variador G120:

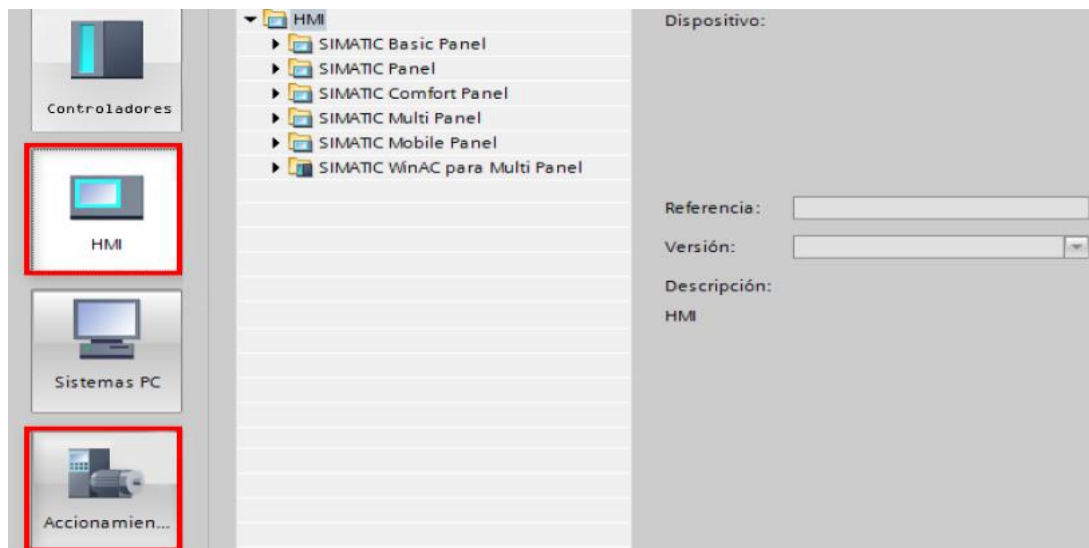


Figura 86. Creación de proyecto en plataforma Tia Portal V13 - paso 4.

Fuente: Elaboración propia.

Habiendo seleccionado el autómata y sus interfaces, se seleccionará los diferentes módulos adicionales según se necesite para el proyecto del menú que se incrementa en la parte derecha de la pantalla de programación.

De esta manera se culmina con la selección del hardware del autómata.

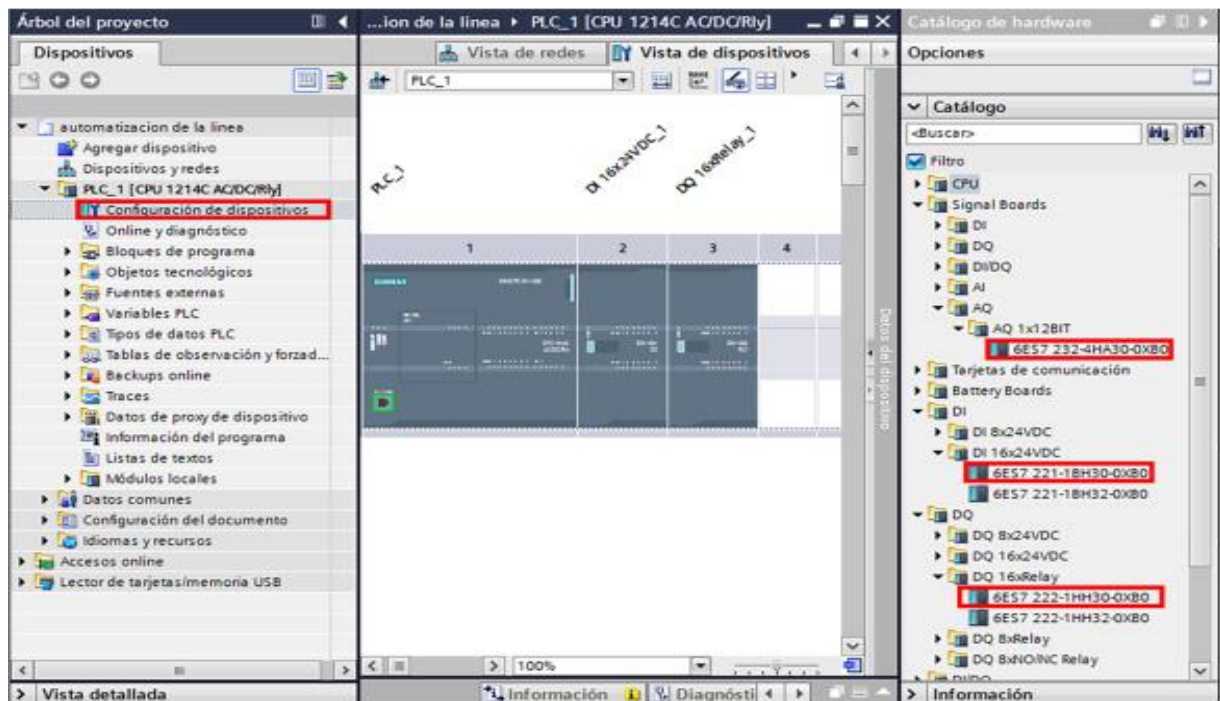


Figura 87. Configuración de dispositivos.

Fuente: Elaboración propia.

Habiendo seleccionado de manera correcta el hardware se procederá con la configuración del mismo.

Se le asignará una dirección IP en la red.

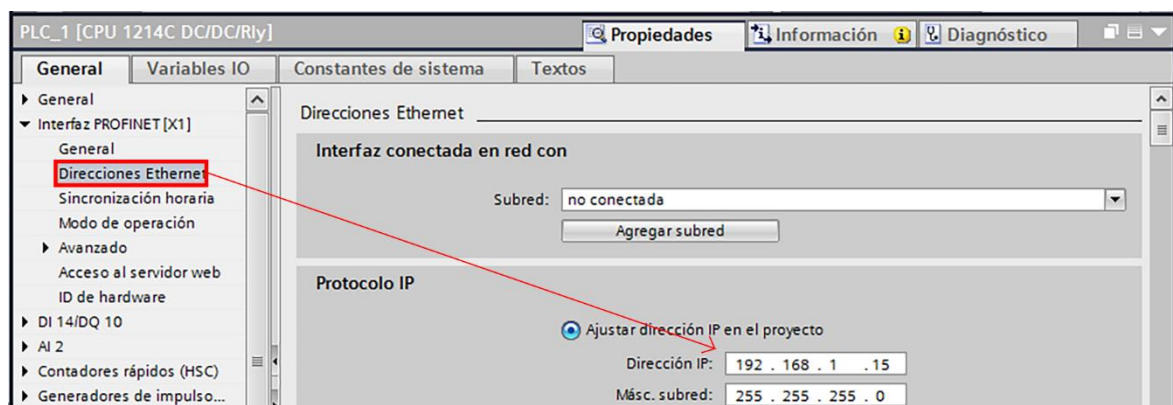


Figura 88. Asignación de dirección de red IPv4.

Fuente: Elaboración propia.

Se activan las marcas de ciclo que tienen configuraciones variadas de tiempo pre establecidas insertados en unas marcas que el software TÍA Portal permitirá utilizar como tiempos. Es decir, se asignará una marca de memoria “M” para luego usarla como temporizador. La marca estará activada en “ON” y desactivada en “OFF” un determinado tiempo.

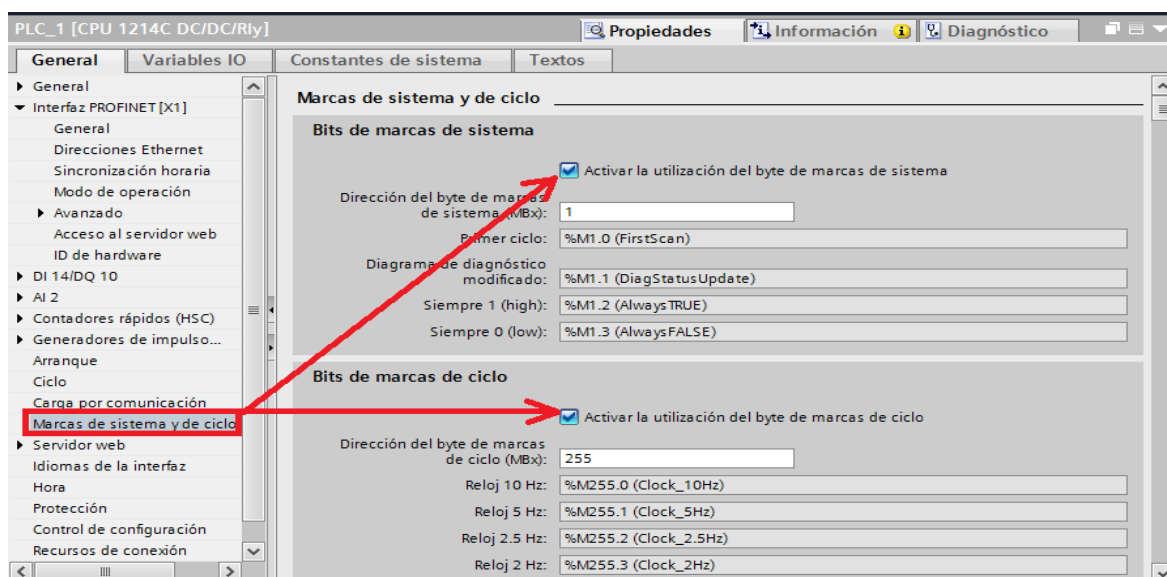


Figura 89. Activación de marcas de ciclo del sistema.

Fuente: Elaboración propia.

Se pondrá una dirección más simple a los módulos de entradas y salidas digitales.

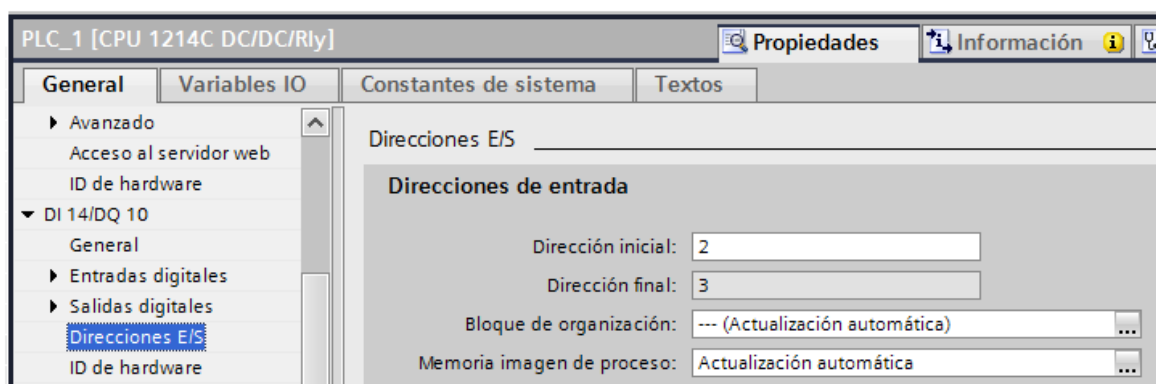


Figura 90. Asignación de direcciones flexibles a entradas y salidas.

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera se da final a la configuración del autómatas.

Alarmas.

Se generarán alarmas visibles en la pantalla a través un aviso emergente y mediante un indicador luminoso, cuando alguno de los niveles de los tanques descienda del 25% de su capacidad.

Este nivel será medido por un sónar analógico.

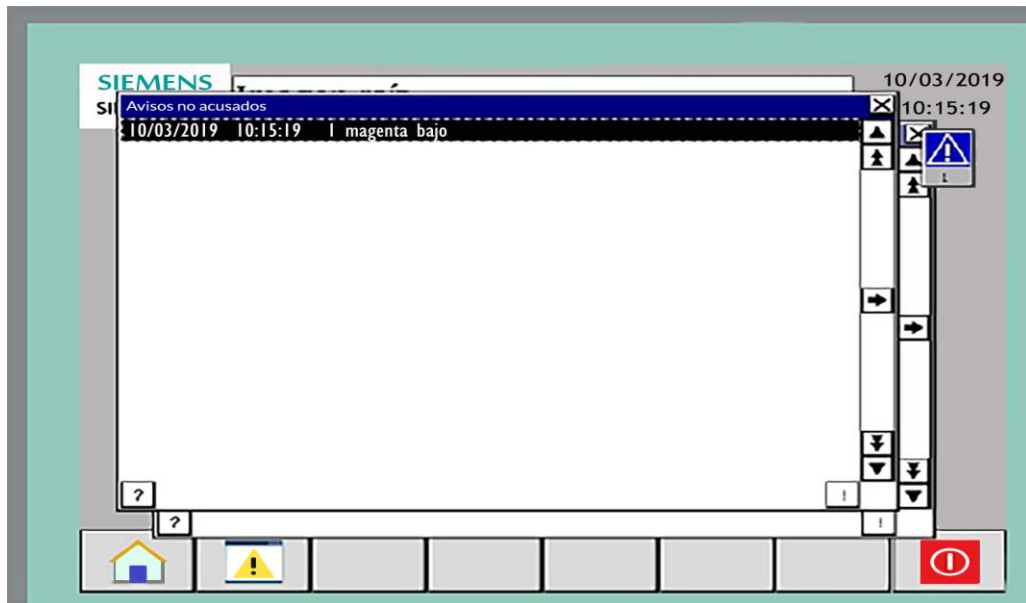


Figura 91. Pantalla de acuse de alarmas.

Fuente: Elaboración propia.

Se mostrará un historial de los diferentes eventos de alarma que se haya suscitado.

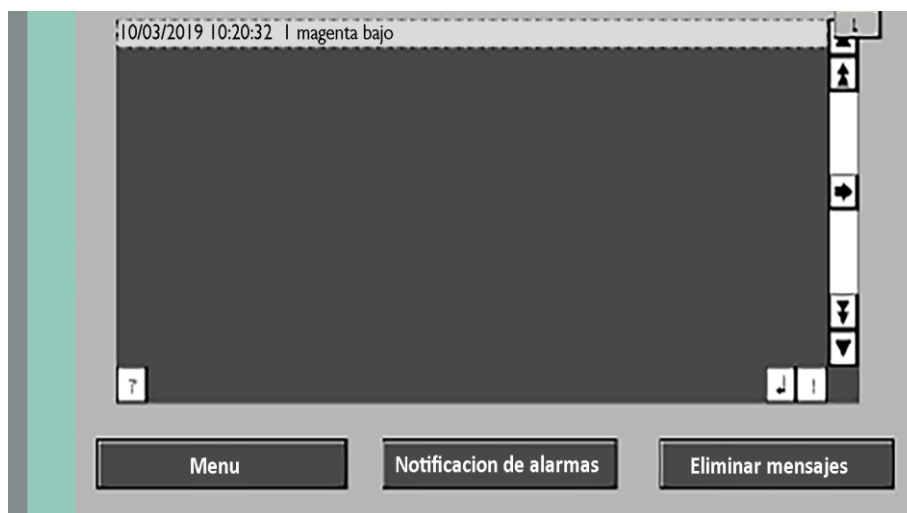


Figura 92. Historial de alarmas producidas.

Fuente: Elaboración propia.

Será posible visualizar en todo momento el nivel de los tanques en la pantalla de Nivel de tanques

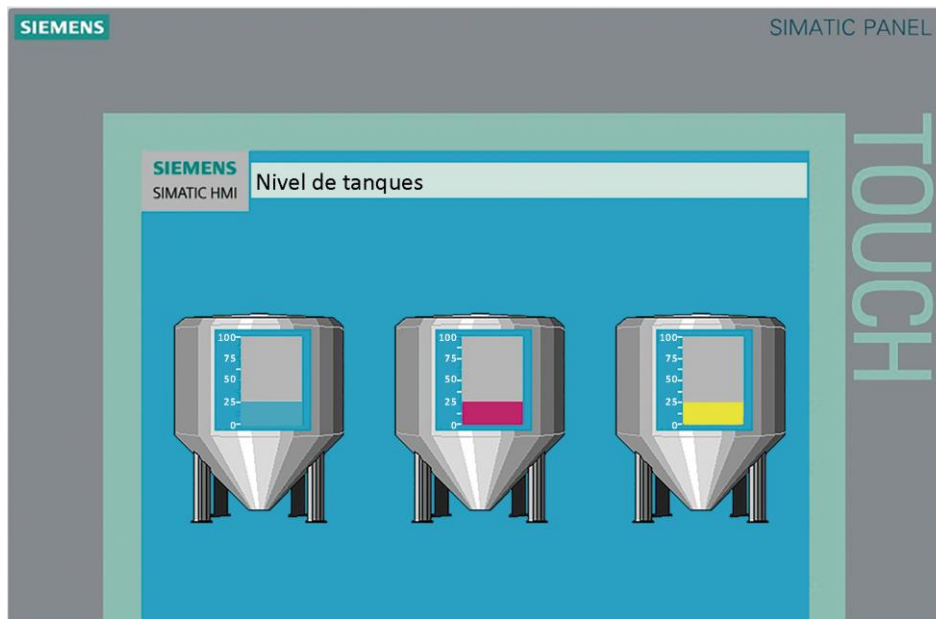


Figura 93. Representación en pantalla HMI del nivel de los tanques.

Fuente: Elaboración propia.

Configuración de la Comunicación entre dispositivos.

Luego de incluir todo el hardware nos dirigimos a “vista de redes” en Tia Portal para configurar la red Profinet.

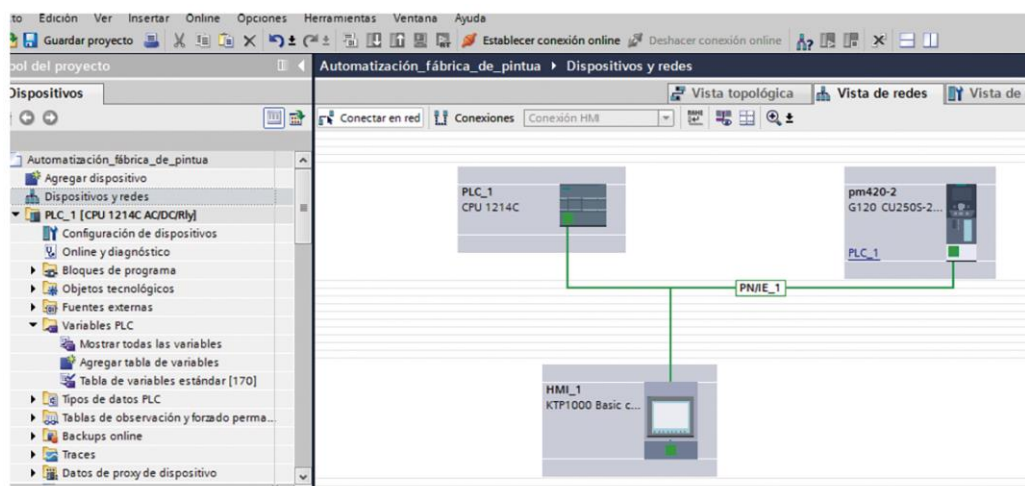


Figura 94. Configuración de portal Profinet.

Fuente: Elaboración propia.

Habiendo creado la configuración ingresaremos a la “vista topológica” donde adicionaremos el switch CSM 1277 Simatic NET.

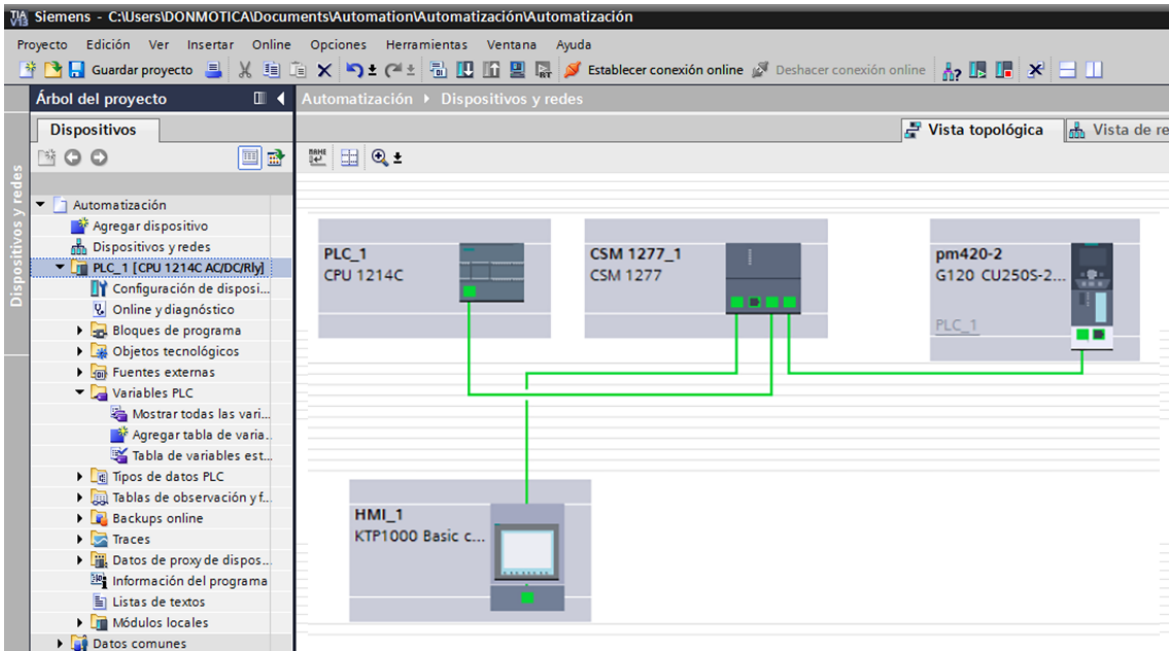


Figura 95. Vista topológica de dispositivos conectados en red Profinet.

Fuente: Elaboración propia.

Variador De Frecuencia Sinamics G120

En la “vista de dispositivos” configuraremos las Características de funcionamiento del variador PM420-2 y establecemos que el telegrama de intercambio de datos cíclicos sea Standard Telegramm 1, es decir, 2 words de escritura y dos de lectura.



Figura 96. Configuración de intercambio de datos del variador G120 .

Fuente: Elaboración propia.

Y verificamos con quien se comunica y que direccionamiento posee.

Accionamiento		Partner	
Nombre	pm420-2	← PLC_1	
Rol	Dispositivo	Controlador	
Dirección IP	192 . 168 . 10 . 153	192 . 168 . 10 . 152	
Telegrama	Standard Telegramm 1		
Slot	2		
Dirección inicial	PZD 1	Q 256	
Longitud	2 words	2 words	
Ampliación	0 words	0 words	
Memoria imagen de proceso		Actualización automática	
OB de alarma			

Figura 97. Direccionamiento del variador G120.

Fuente: Elaboración propia.

En esta tesis se usara QW256 para mover la palabra de control, y QW258 para mover la velocidad.

Como ejemplo podemos mencionar la utilización del valor 0x47F y el 0x47E para forzar un OFF y liberar el motor.

- La tabla que se ilustra a continuación nos muestra la palabra de control.

Tabla 41.

Palabras de control de variador G120.

Bit	Value	Significance	Comments
0	1	Ready For switching on	Power supply switched on; electronics initialized; pulses locked
1	1	Ready For operation	Motor is switched on (ON 1 command present), no active fault, motor can start as soon as "enable- operation" command "is issued. See control word 1. bit 0.
2	1	Operation enabled	Motor follows setpoint See control word 1, bit 3.
3	1	Fault present	The Inverter has a fault.
4	1	OFF2 Inactive	Coast to standstill not activated (no OFF2)
5	1	OFF3 inactive	No fast stop active
6	1	Closing lockout active	The motor is only switched on after a further ON 1 command
7	1	Alarm active	Motor remains switched on; acknowledgement is not required; see r2110.
8	1	Speed deviation within tolerance range	Set point/actual value deviation within tolerance range.
9	1	Control requested	The automation system is requested to assume control.
10	1	Comparison speed reached or exceeded	Speed is greater than or equal to the corresponding maximum speed.
11	0	1, M or P limit reached	Comparison value for current, torque or power has been reached or exceeded.
12	1	Holding brake open	Signal to open and close a motor holding brake
13	0	Alarm motor overtemperature	--
14	1	Motor rotates forwards	Internal inverter actual value > 0
	0	Motor rotates backwards	Internal inverter actual value < 0
15	1	No alarm, thermal power unit overload	

Fuente: Sinamiccs G120 Control units CU230P-2, 2017, p115).

Simatic Ktp 1000 Basic Pn

Cuando se incluya la pantalla nos mostrará la imagen que presenta la figura 98, para conecta el PLC con la pantalla.

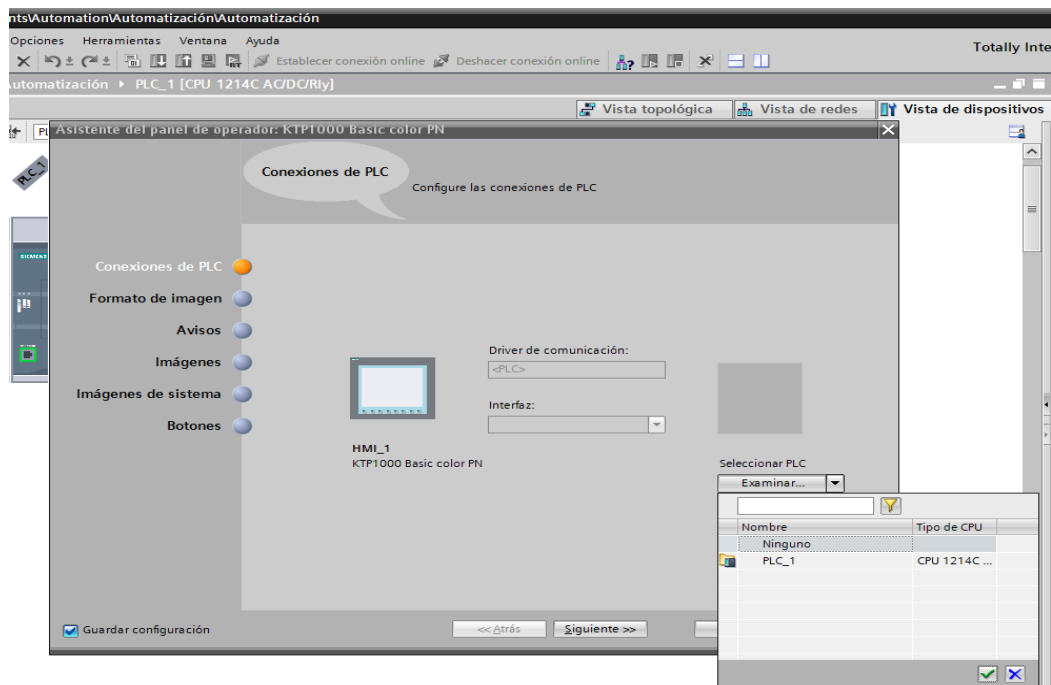


Figura 98. Configuración de HMI KTP 1000 Basic PN enlace a PLC.

Fuente: Elaboración propia.

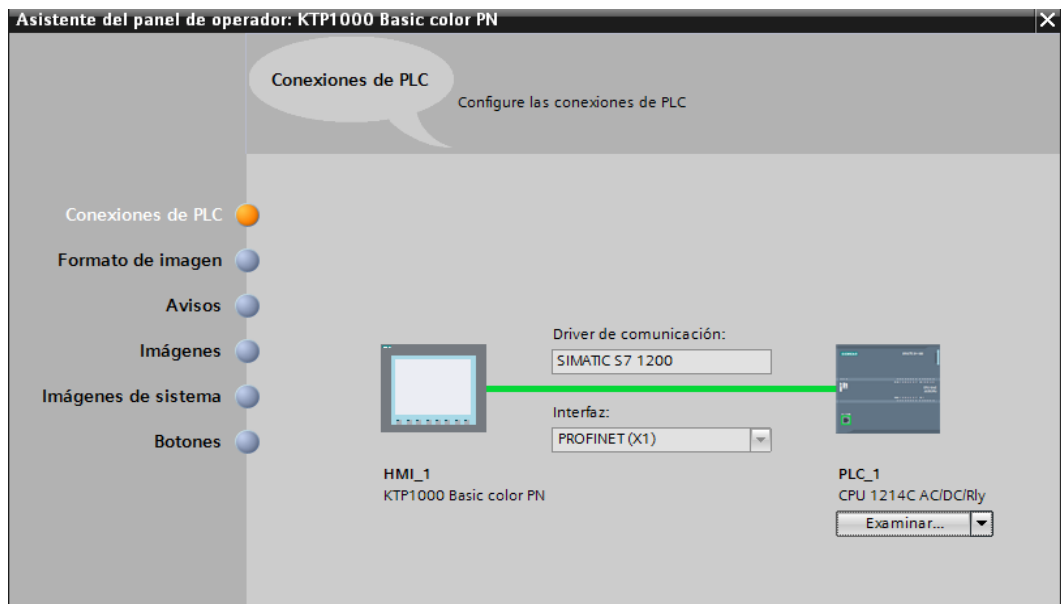


Figura 99. Conexión de HMI a PLC S7-1200.

Fuente: Elaboración propia.

Pantallas De Navegación Diagnostico Y Proceso

Se tendrá una pantalla inicial de donde se accederá a las diferentes pantallas configuradas.

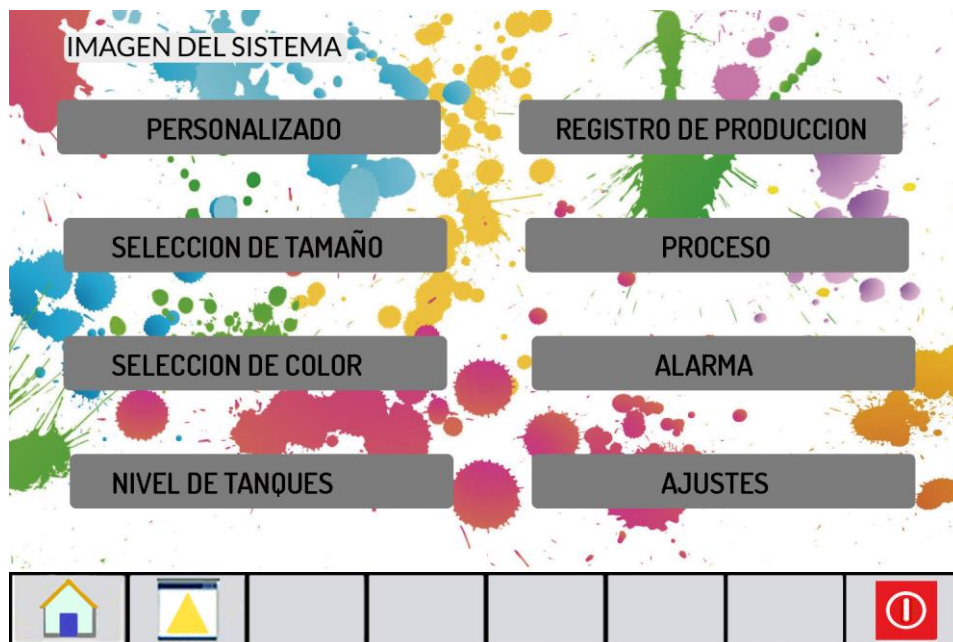


Figura 100. Menú principal en pantalla HMI.

Fuente: Elaboración propia.

Se muestra una pantalla de selección de color, desde la cual se podrá seleccionar los diferentes colores a producir y dirigirse a la selección de tamaño de envase.

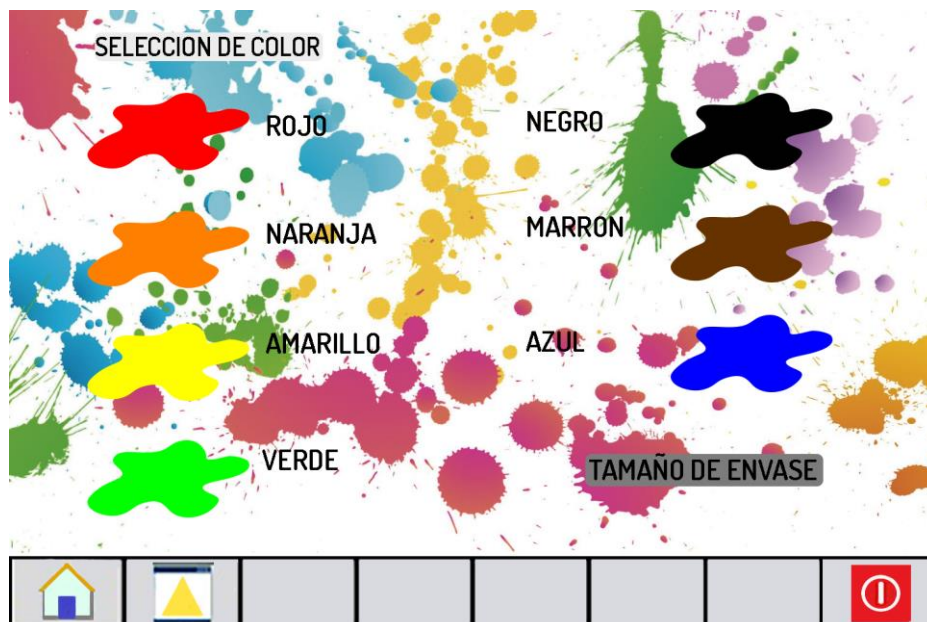


Figura 101. Pantalla de selección de color.

Fuente: Elaboración propia.

Se podrá seleccionar entre 3 medidas de envase de acuerdo a la necesidad.

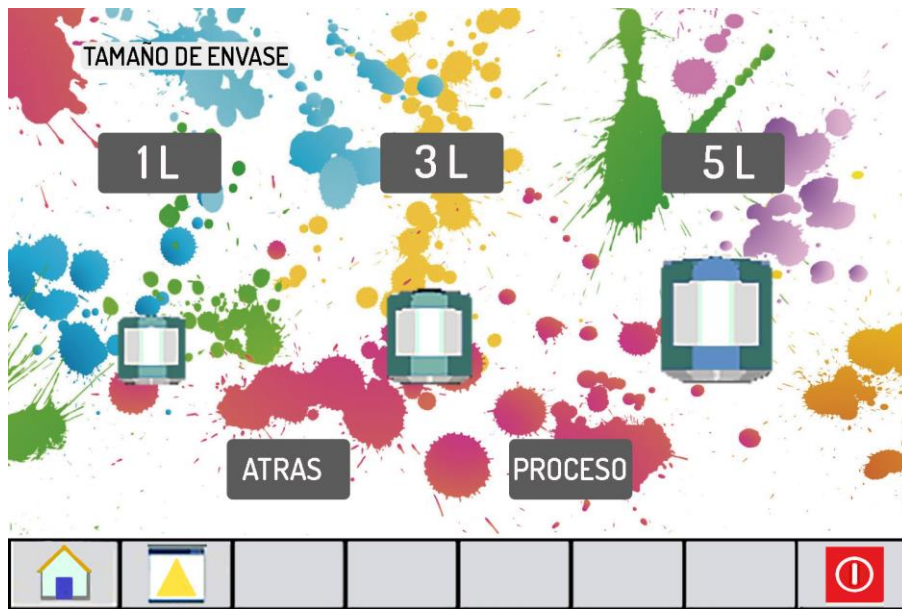


Figura 102. Pantalla de selección de tamaño de envase.

Fuente: Elaboración propia.

Habiendo elegido las características de la pintura se procederá a la realización de la misma.

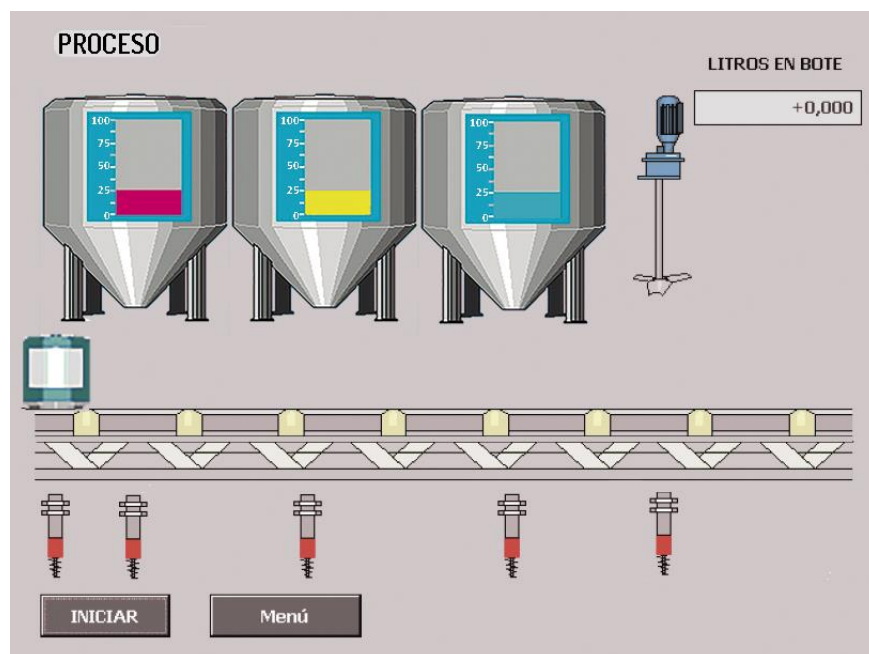


Figura 103. Proceso de producción de la pintura.

Fuente: Elaboración propia.

En el Item “Ajustes de pantalla” se podrá realizar ajustes como limpiar la pantalla, cambiar la hora, y hacer su calibración.

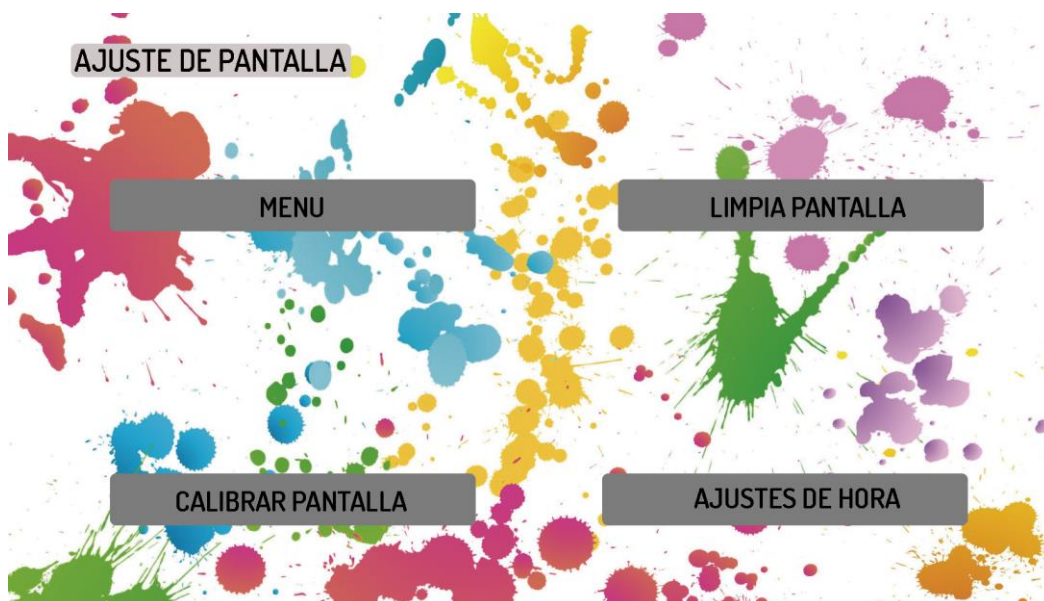


Figura 104. Reajustes de pantalla.

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, desde el ítem “Personalizado” se podrá establecer una nueva mezcla no preestablecida.

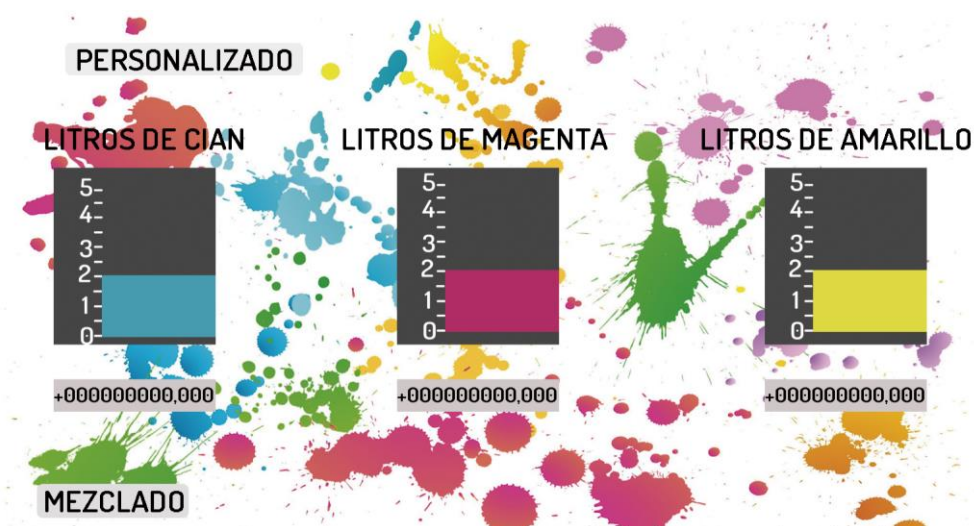


Figura 105. Cuantificación del volumen de colores primarios para mezcla de color no preestablecido.

Fuente: Elaboración propia.

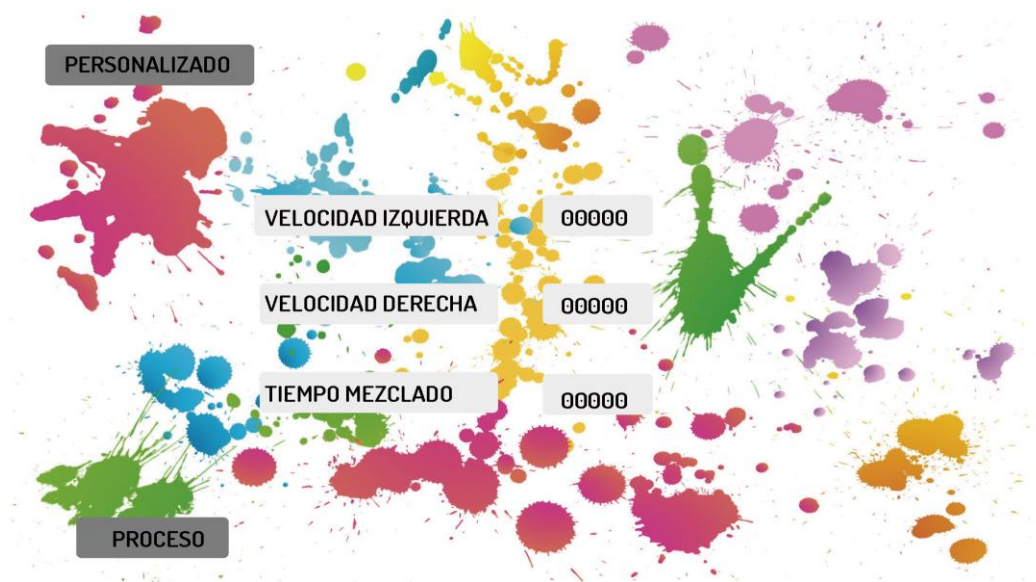


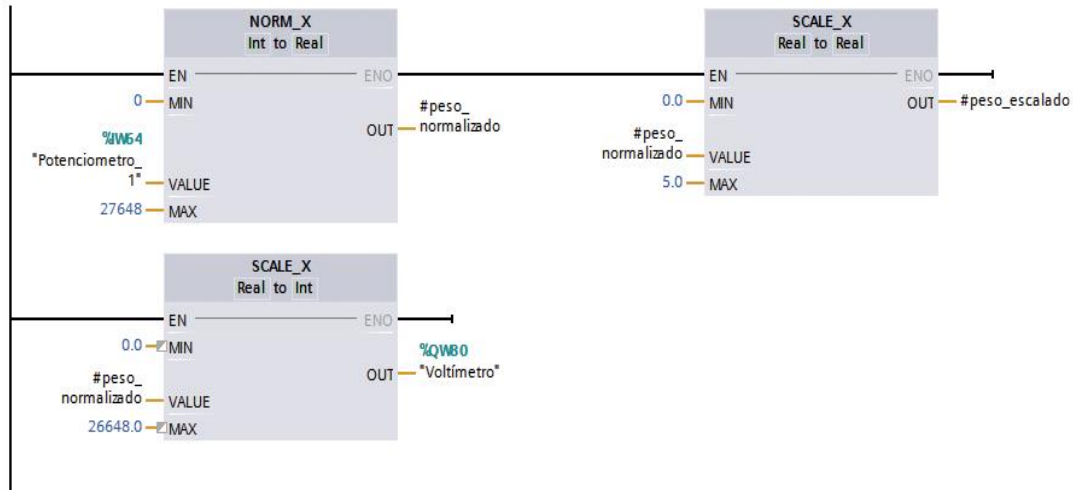
Figura 106. Selección de velocidades para su correcta agitación.

Fuente: Elaboración propia.

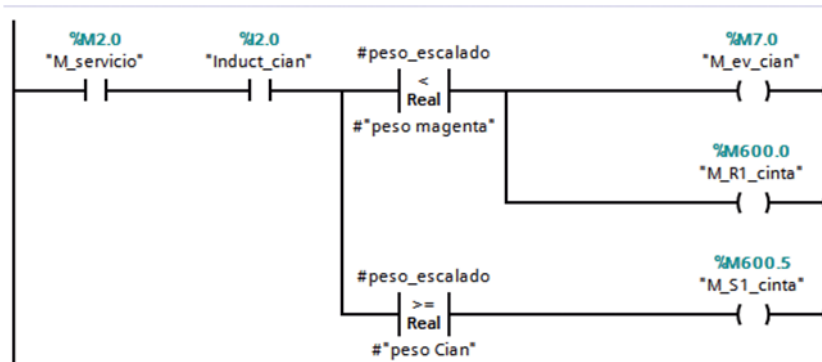
ANEXO C

Programación.

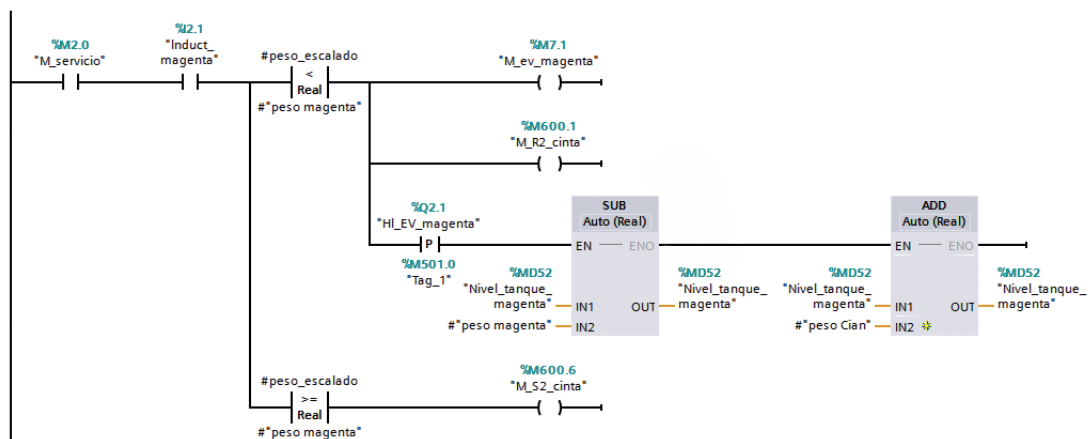
Normalización y escalado de variables analógicas.



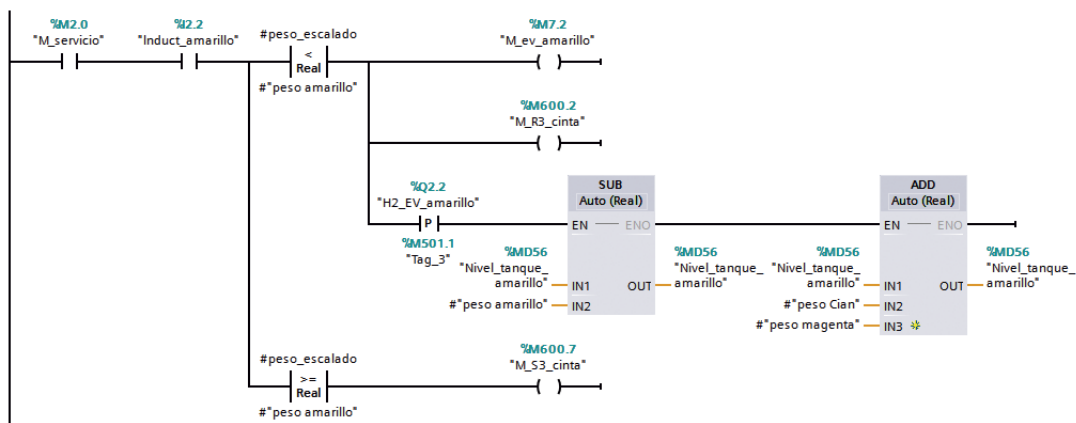
Apertura de la electroválvula de la tolva de color Cian.



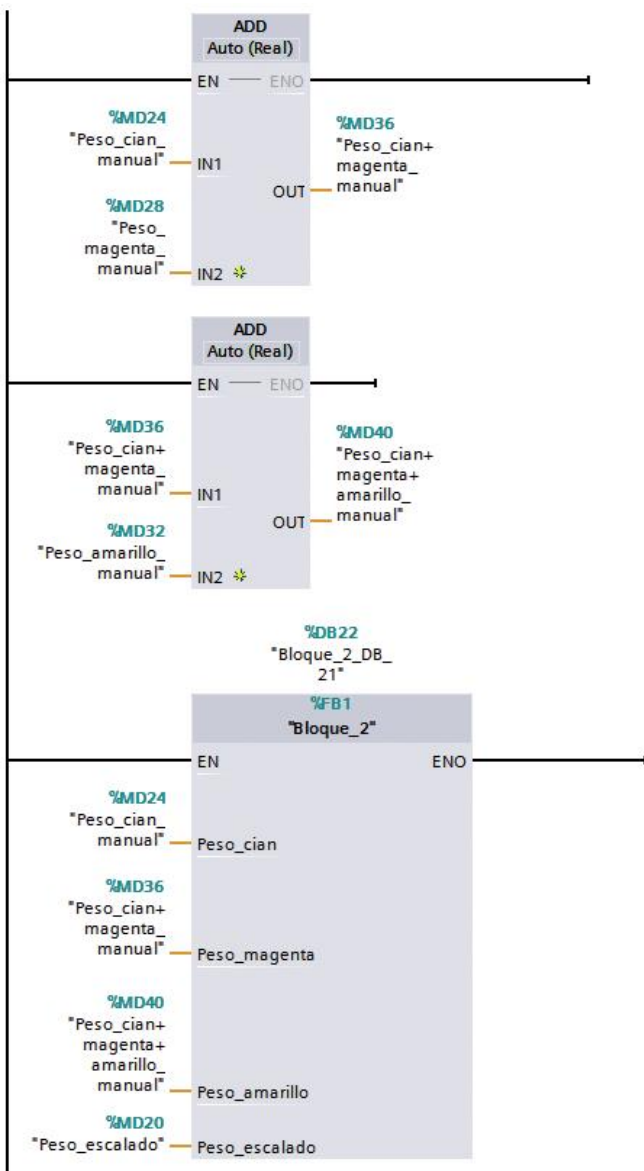
Apertura de la electroválvula de la tolva de color Magenta.



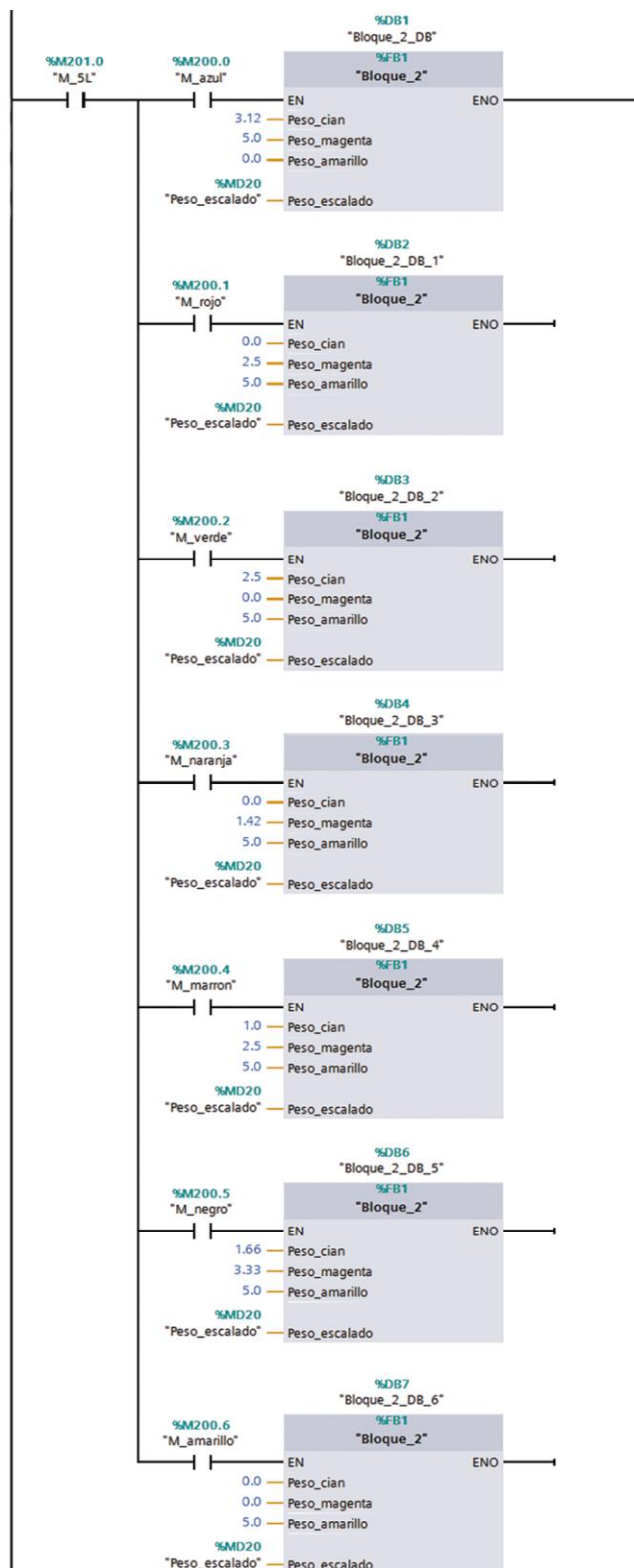
Apertura de la electroválvula de la tolva de color Amarillo.

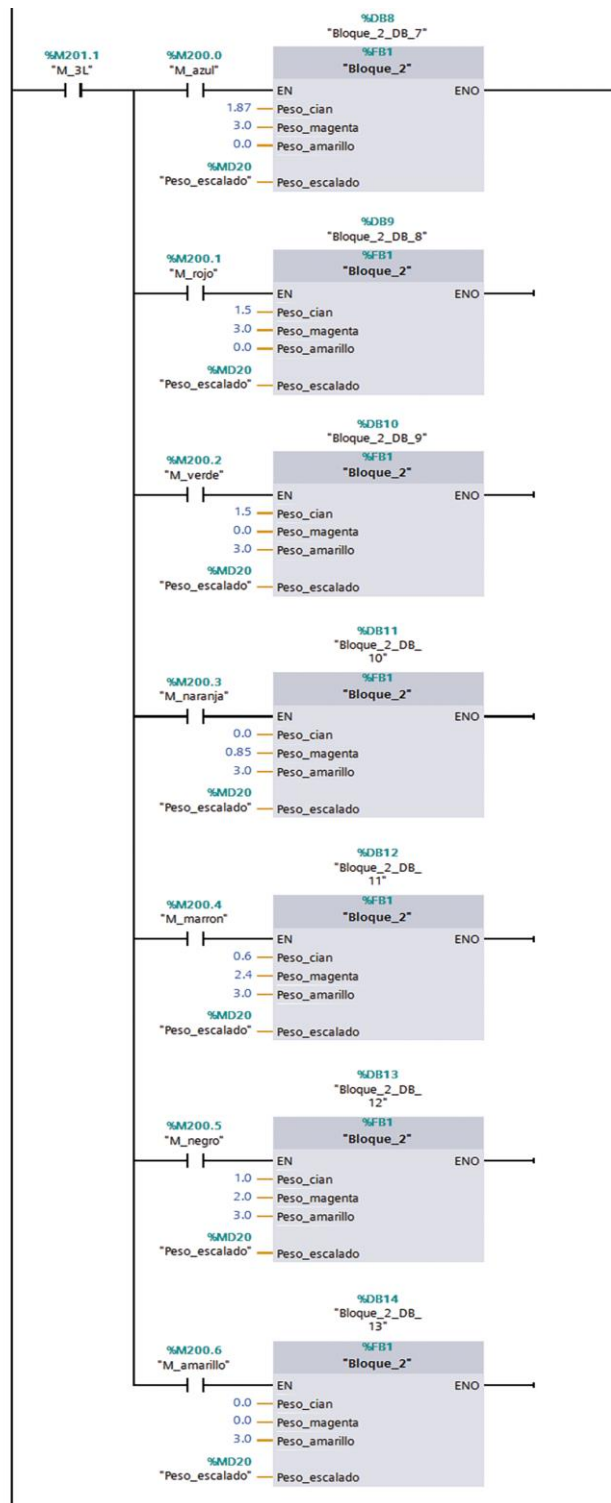


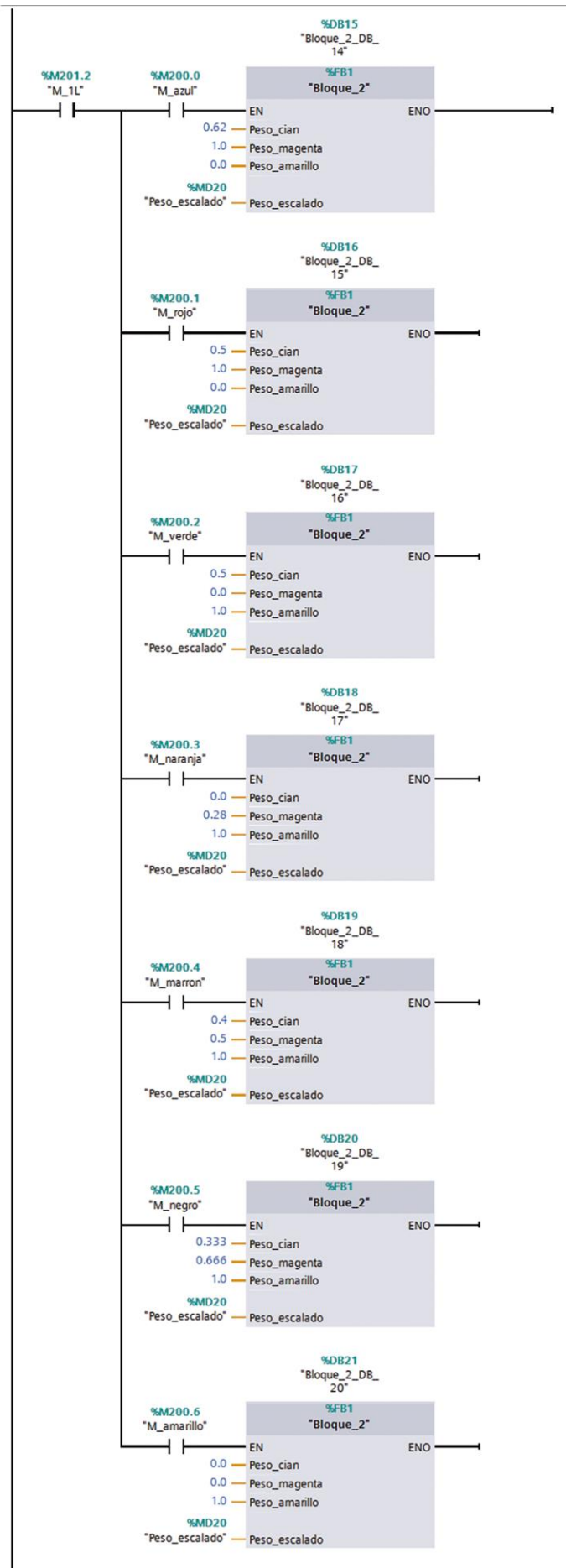
Selección manual del tipo de color, tamaño y cantidad producir.



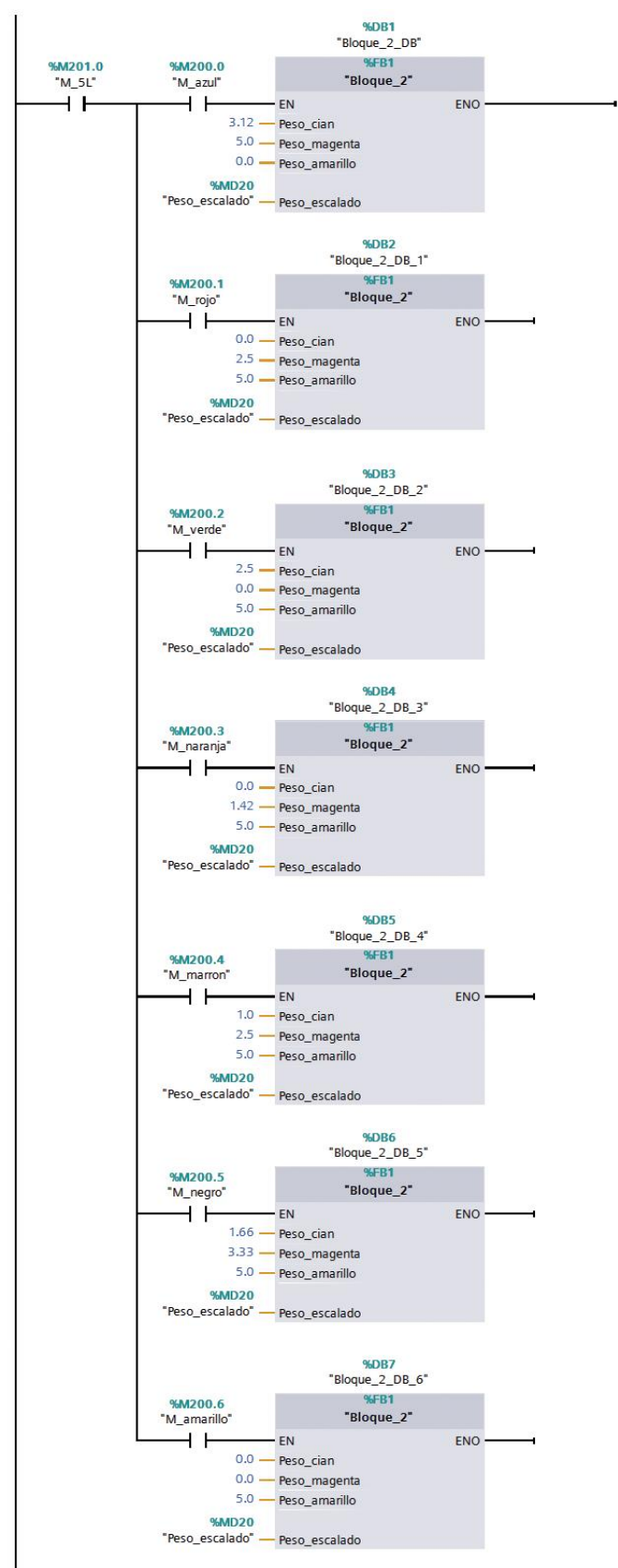
Porcentaje de colores primarios que intervienen en la producción de un color secundario.



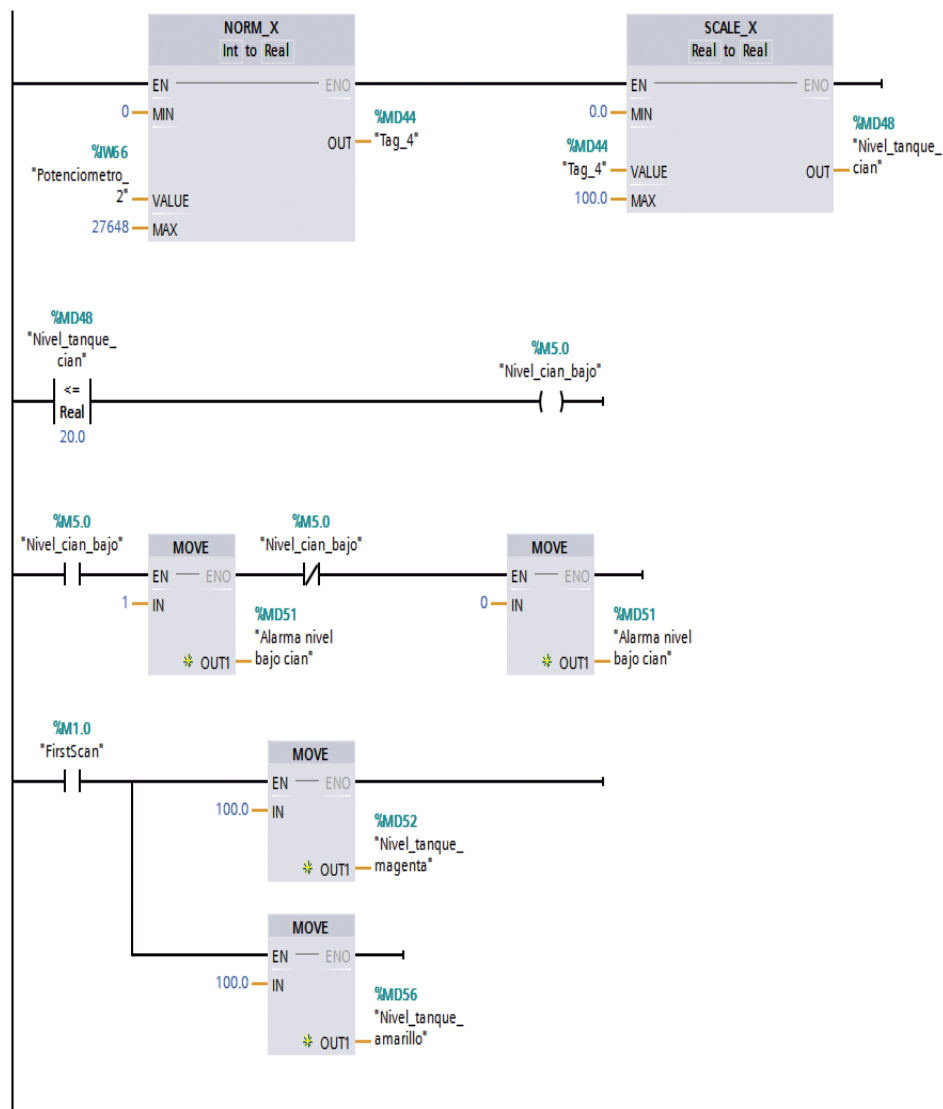




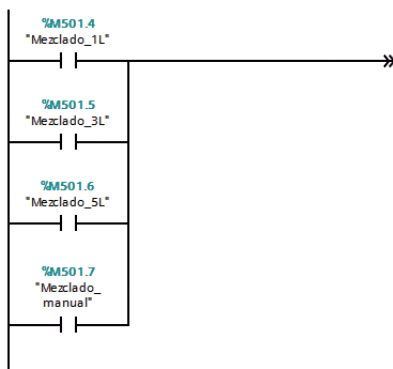
Llenado de pintura en función al peso

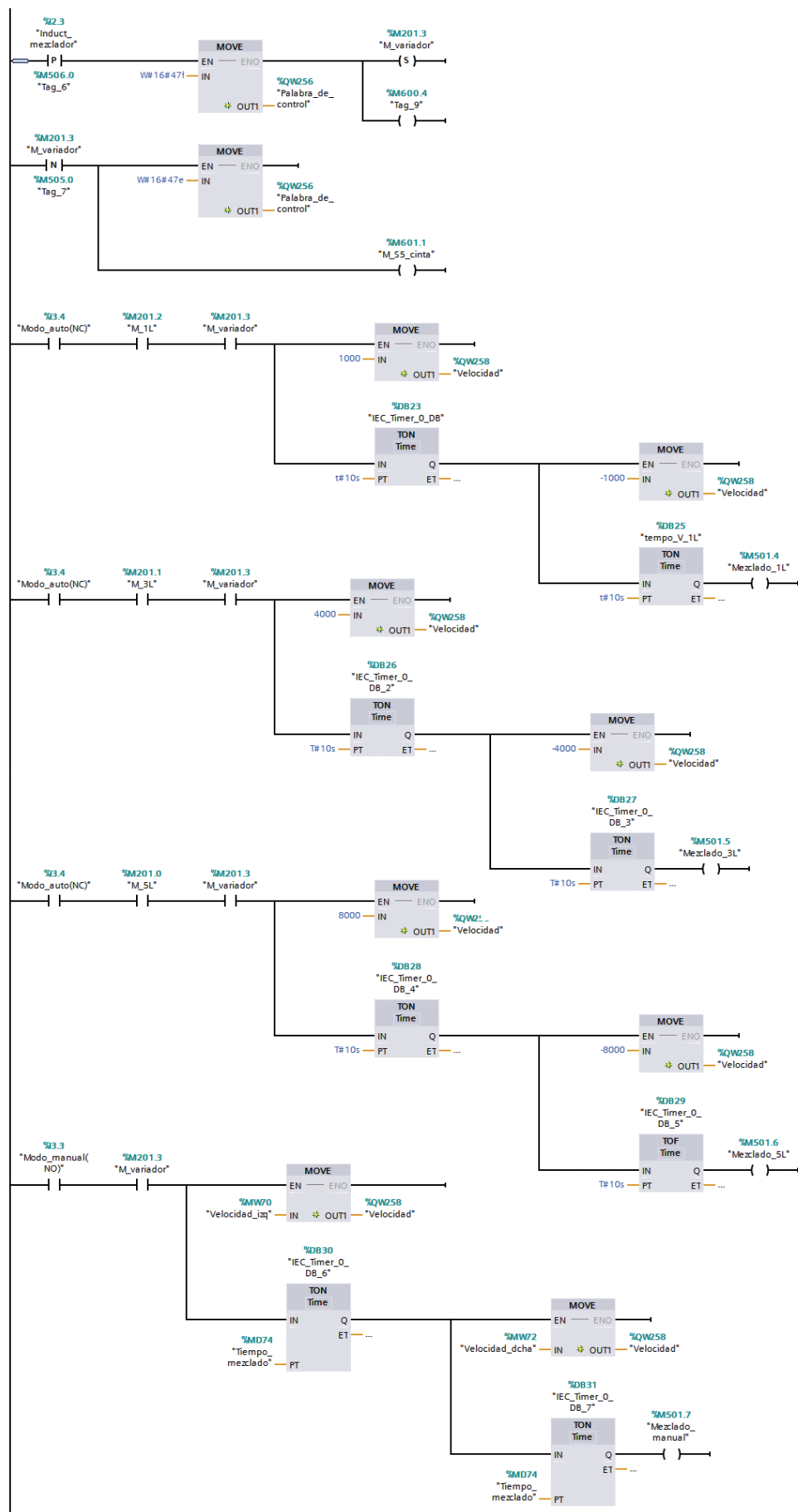


Informe en tiempo real el nivel de pintura que hay en las tolvas.

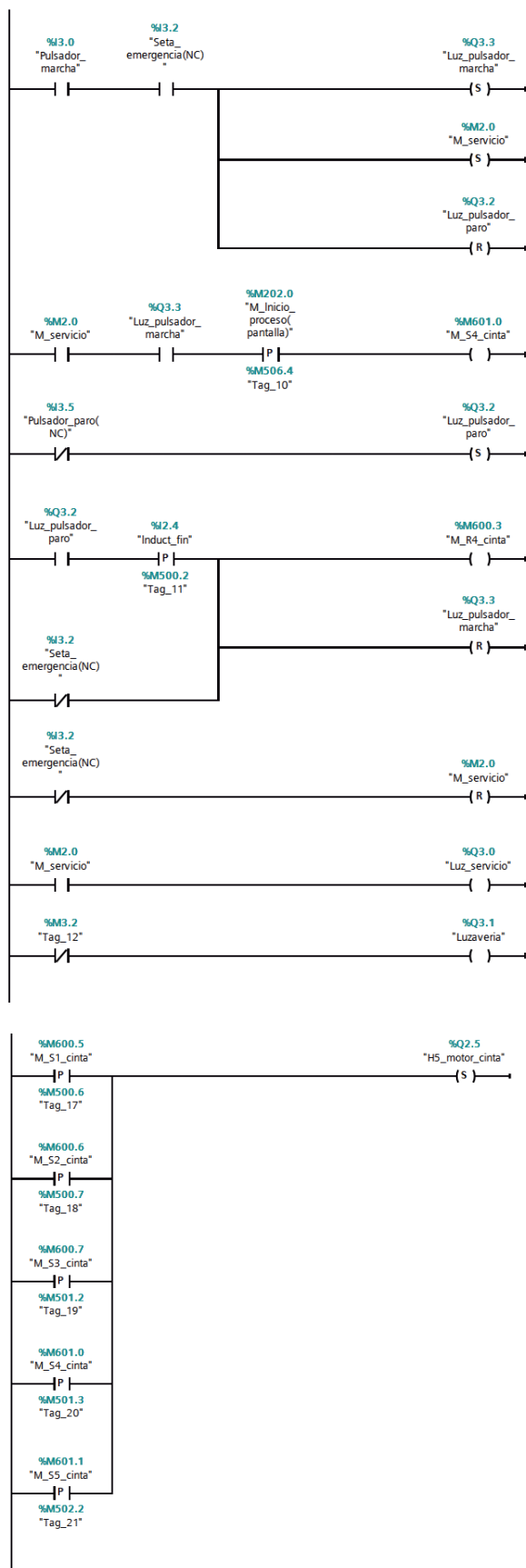


Accionamiento del variador de frecuencia.





Inicio del proceso



ANEXO D

Tabla 42.

Ficha Técnica módulo de voltaje PM1207.

DATOS TÉCNICOS	
Producto	S7-1200 PM1207
Fuente de alimentación, tipo	24 V/2,5 A
Tensión de alimentación / 1 / con AC / valor nominal	120 V
Tensión de alimentación / 2 / con AC / valor nominal	230 V
Tensión de entrada / 1 / con AC	85...132 V
Tensión de entrada / 2 / con AC	176...264 V
Resistencia a sobretensiones	2,3 x Ue nom, 1,3 ms
Frecuencia nominal de red/1	50/60 Hz
Rango de frecuencia de red/mín.	47...63 Hz
Intensidad de entrada / con valor nominal de la tensión de entrada 120 V	1,2 A
Intensidad de entrada/con valor nominal de la tensión de entrada 230 V / valor nominal	0,67 A
Limitación de la intensidad de conexión (+ 25 °C), máx.	13 A
Duración de la limitación de intensidad de conexión / a 25 °C / máxima	3 ms
I ² t, máx.	0,5 A ² ·s
SALIDA	
Tensión nominal Us nom DC	24 V
Tolerancia total, estática ±	3 %
Compens. estática variación de red, aprox.	0,1 %
Compens. estática variación de carga, aprox.	0,2 %
Ondulación residual entre picos, máx.	150 mV
Spikes entre picos, máx. (ancho de banda aprox. 20 MHz)	240 mV
Retardo de arranque, máx.	6 s
Subida de tensión, típ.	10 ms
Intensidad nominal I _a nom	2,5 A
Rango de intensidad	0...2,5 A
Potencia activa entregada / típica	60 W
Intensidad de sobrecarga breve / por cortocircuito durante el arranque / típica	6 A
Posibilidad de conex. en paralelo para aumento de potencia	Sí

Fuente: Adaptado de tienda Mas Voltaje tu tienda eléctrica, 2019, p1).

Tabla 43.

Características del módulo SM1231 4I.

Tensión de alimentación		Rangos de entrada (valores nominales), intensidades	
24 V DC	Sí	0 a 20 mA	Sí
Intensidad de entrada		Resistencia de entrada (0 a 20 mA)	280 Ω
Consumo típ.	45 mA	Termopar (TC)	
Pérdidas		Parametrizable	No
Pérdidas, típ.	1,5 W	Salidas analógicas	
N.º de entradas analógicas	4;	N.º de salidas analógicas	0
Tensión de entrada admisible para entrada de tensión (límite de destrucción), máx.	35 V	Resolución con rango de rebase (bits incl. signo), máx.	12 bit; + signo
Intensidad de entrada admisible para entrada de corriente (límite de destrucción), máx.	40 mA	Supresión de perturbaciones de tensión para frecuencia perturbadora f1 en Hz	40 dB, DC a 60 V para frecuencia de perturbación 50/60 Hz
Rangos de entrada		Límite de error básico (límite de error práctico a 25 °C)	
Tensión	Sí; ± 10 V, ± 5 V, $\pm 2,5$ V	Tensión, referida al rango de entrada	+/- 0,1 %
Intensidad	Sí; 0 a 20 mA	Intensidad, referida al rango de entrada	+/- 0,1 %
Termopar	No	Supresión de tensiones perturbadoras para f = n x (f1 +/- 1%), f1 = frecuencia perturbadora	
Termorresistencias	No	Tensión en modo común, máx.	12 V
Resistencia	No	Alarmas/diagnósticos/información de estado	
Rangos de entrada (valores nominales), tensiones		Alarmas	
-10 V a +10 V	Sí	IP20	Sí

Fuente: (Adaptado de "Simatic S7 -1200", Siemens, 2019, p25).

Tabla 44.


Ficha técnica del Módulo switch compacto CSM 1277.

Conectores	
Fijación de dispositivos finales o componentes de red sobre par trenzado	4 x conectores RJ-45 con fijación MDI-X a 10/100 Mbps (dúplex medio / completo), flotante
Datos eléctricos	
Fuente de alimentación	Alimentación 24 V DC (límite: 19,2 a 28,8 V DC) Voltaje extra bajo de seguridad (SELV) Tierra funcional
Pérdida de potencia a 24 V DC	1.6 W
Consumo de corriente a tensión nominal	70 mA
Longitudes de cable permitidas	
Conexión a través de cables Industriales Ethernet FC TP	Cable estándar de Ethernet industrial FC TP con conector IE FC RJ-45 180 o a través de la salida de Ethernet Industrial FC RJ-45 con 0 - 90 m
0 - 100 m	Cable estándar de Ethernet industrial FC TP + cable de 10 m TP
0 - 85 m	Ethernet Industrial FC TP cable marino / trasero con conector IE FC RJ-45 180 o 0 - 75 m Ethernet Industrial FC TP marino / cable de arrastre + 10 m TP cable
Direcciones MAC de aprendizaje / tiempo de envejecimiento	
Direcciones MAC de aprendizaje	2048
Tiempo de envejecimiento	280 segundos
Condiciones ambientales permitidas	
Temperatura de funcionamiento	0 ° C hasta + 60 ° C
Temperatura de almacenamiento / transporte	-40°C hasta +70°C
Humedad relativa en funcionamiento.	< 95% (sin condensación)
Altitud de funcionamiento	2000m a máx. 56 °C temperatura ambiente 3000m a máx. Temperatura ambiente de 50°C
Inmunidad	EN 61000-6-2
Emisión	EN 61000-6-4
Grado de protección	IP20
MTBF	273 años

Fuente: (Adaptado de SIMATIC NET S7-1200 Compact Switch Module CSM 1277, 2010, p16)

Tabla 45.

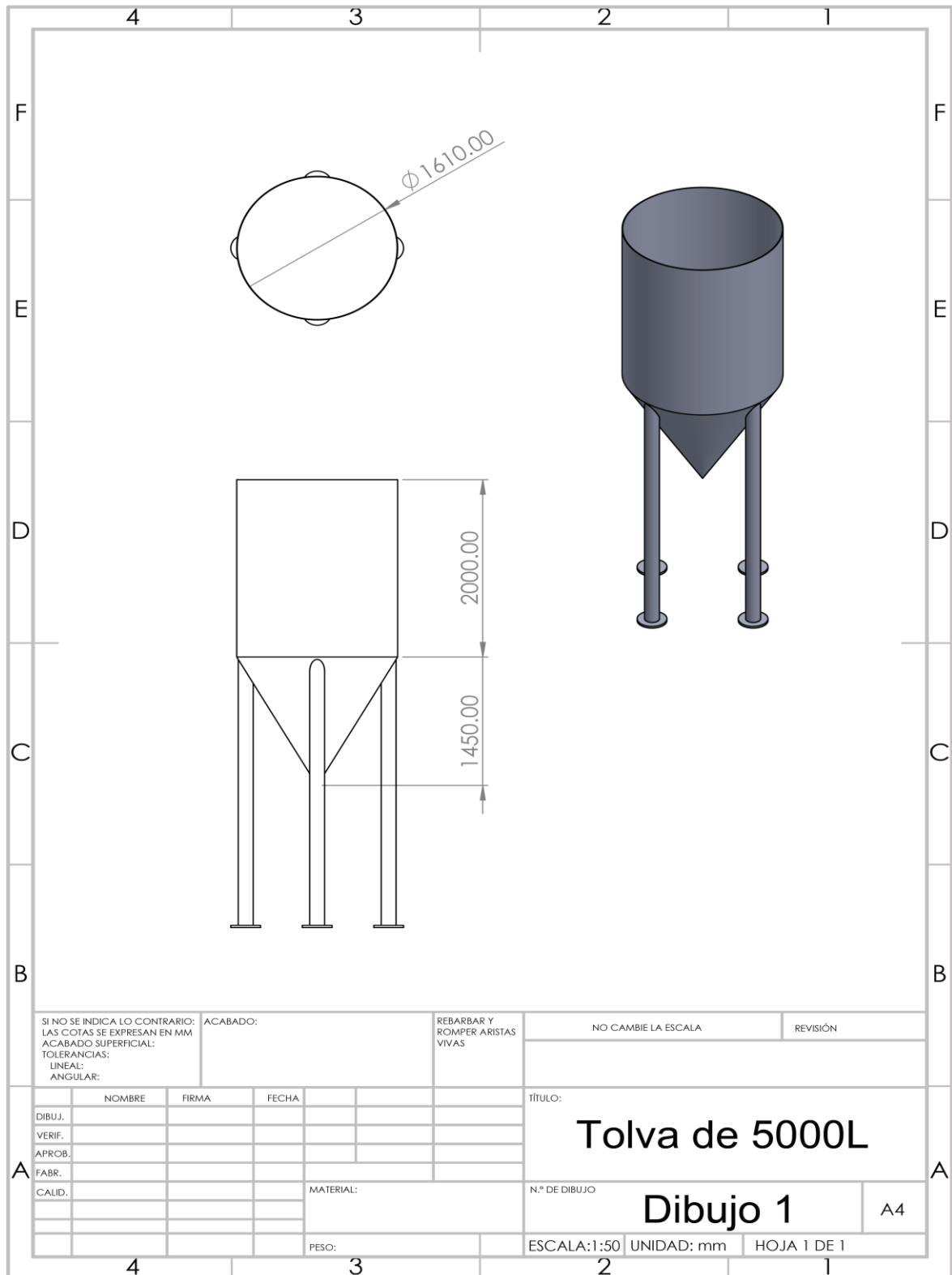
Ficha técnica del Sensor óptico Siemens 3RG74 00-7AB00.

MODO DE OPERACION	Sensor difuso	
		
Zona de detección	cm	50
Placa de medición normalizada	mm	100 x 100 (blanca 90%)
Rango de tensión de empleo (DC)	V	10 ... 30
Intensidad en vacío I_0 (tip.)	mA	28
Intensidad asignada de empleo I_e	mA	150
Frecuencia de conmutación	Hz	700
Tiempo de conmutación	ms	0,5
Longitud de onda (tipo de luz)	mm	600(roja)
Señalizadores		
Estado de conmutación		LED amarillo
Tensión de empleo		LED rojo
Material de la caja		ABS/PMMA
Grado de protección		IP68
Temperatura ambiente	°C	-5 ... +55
Coeficiente de temperatura	%/K	0,3

Fuente: (Adaptado de Detectores de proximidad SIMATIC PX, 2009, p16).

ANEXO D

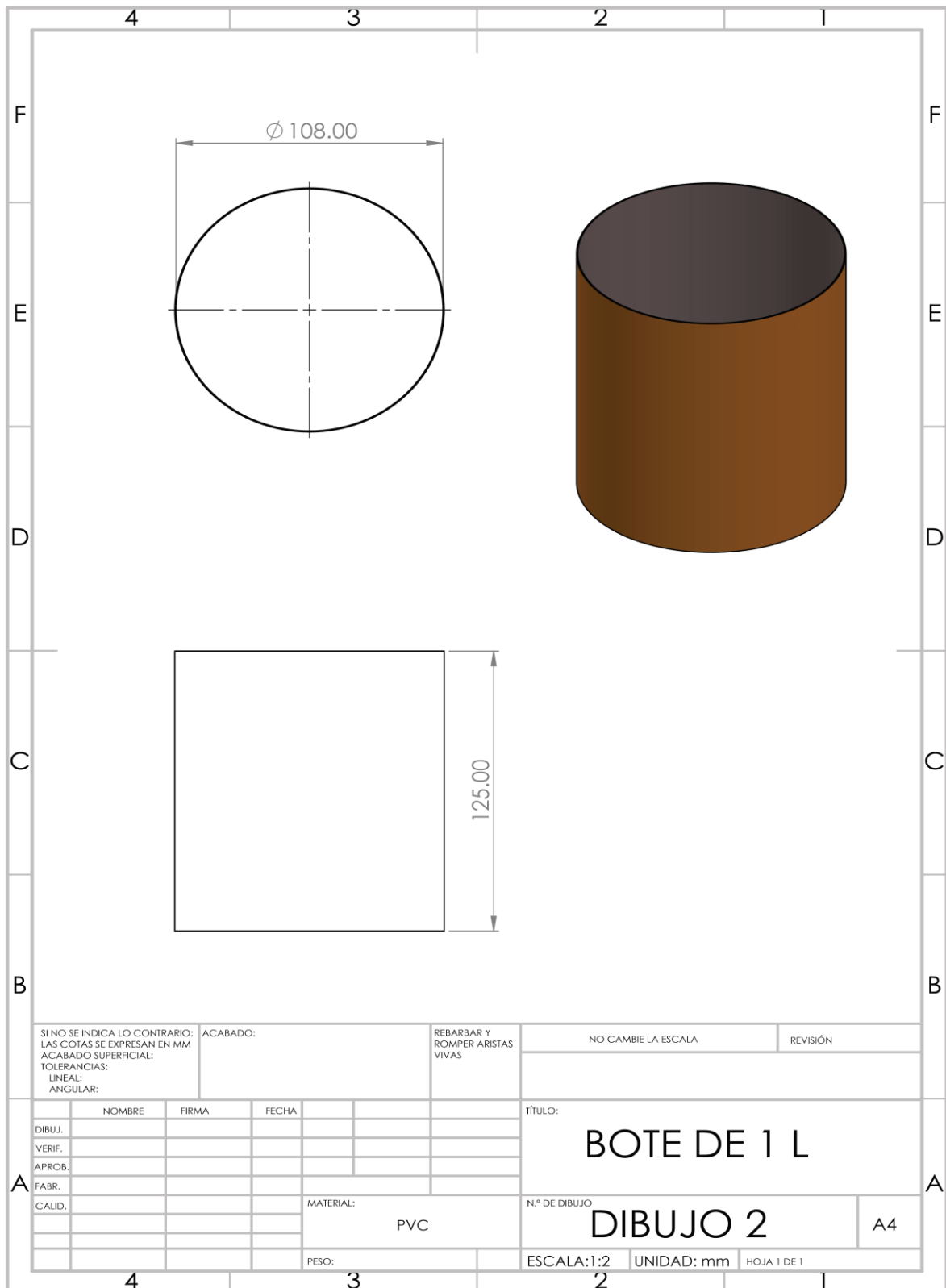
Diseño de la tolva



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO E

Diseño del contenedor de 1L

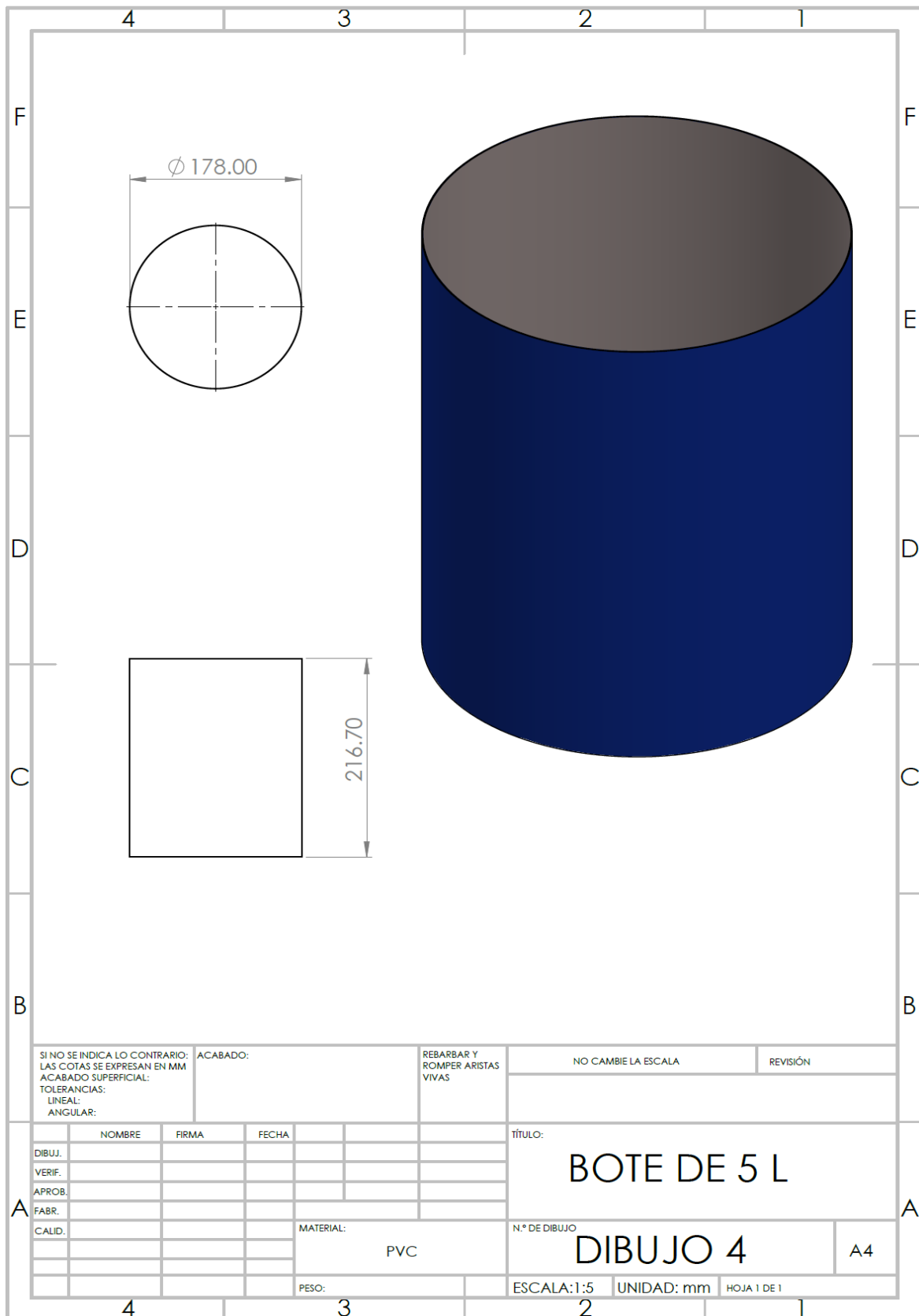


Fuente: Elaboración propia.

Technical drawing of a 3L bottle. The drawing includes a top view (circle with diameter 148.00), a side view (cylinder with height 190.10), and a front view (rectangle with height 190.10). The drawing is labeled 'BOTE DE 3 L' and 'DIBUJO 3'. The material is PVC. The drawing is on A4 paper, scale 1:2, and is the first of one sheet.

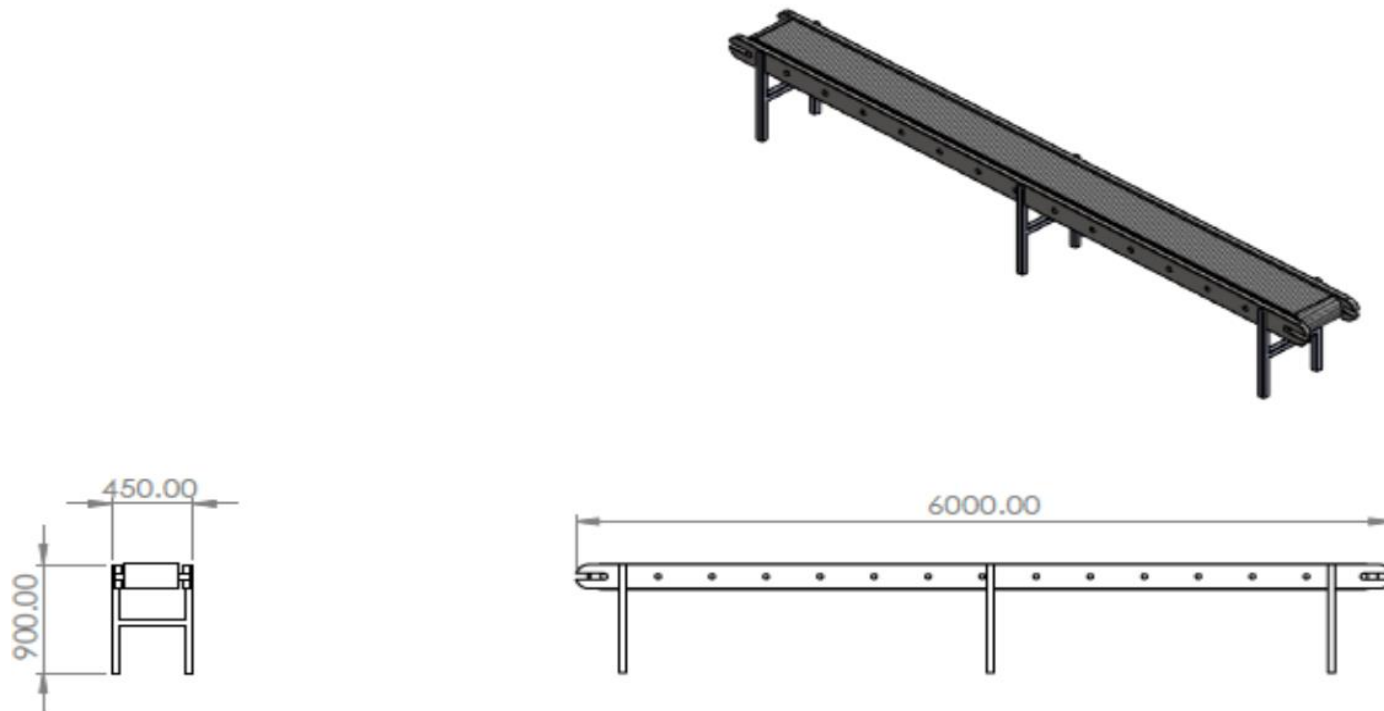
195

Diseño del contenedor de 5L



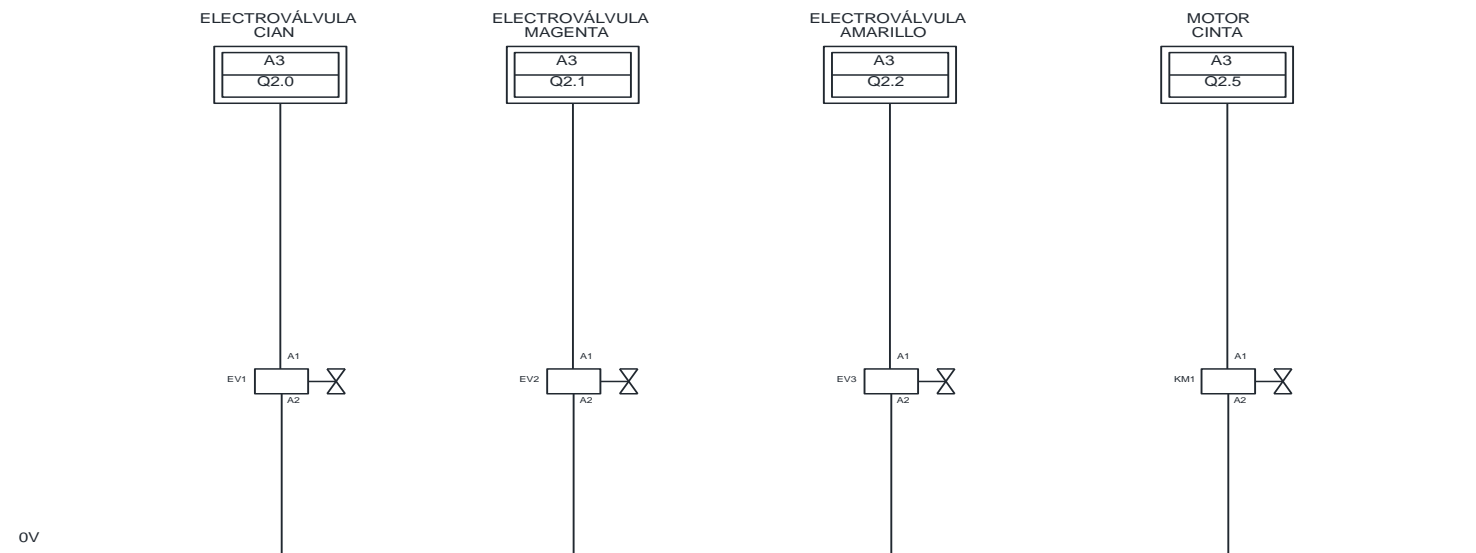
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO F



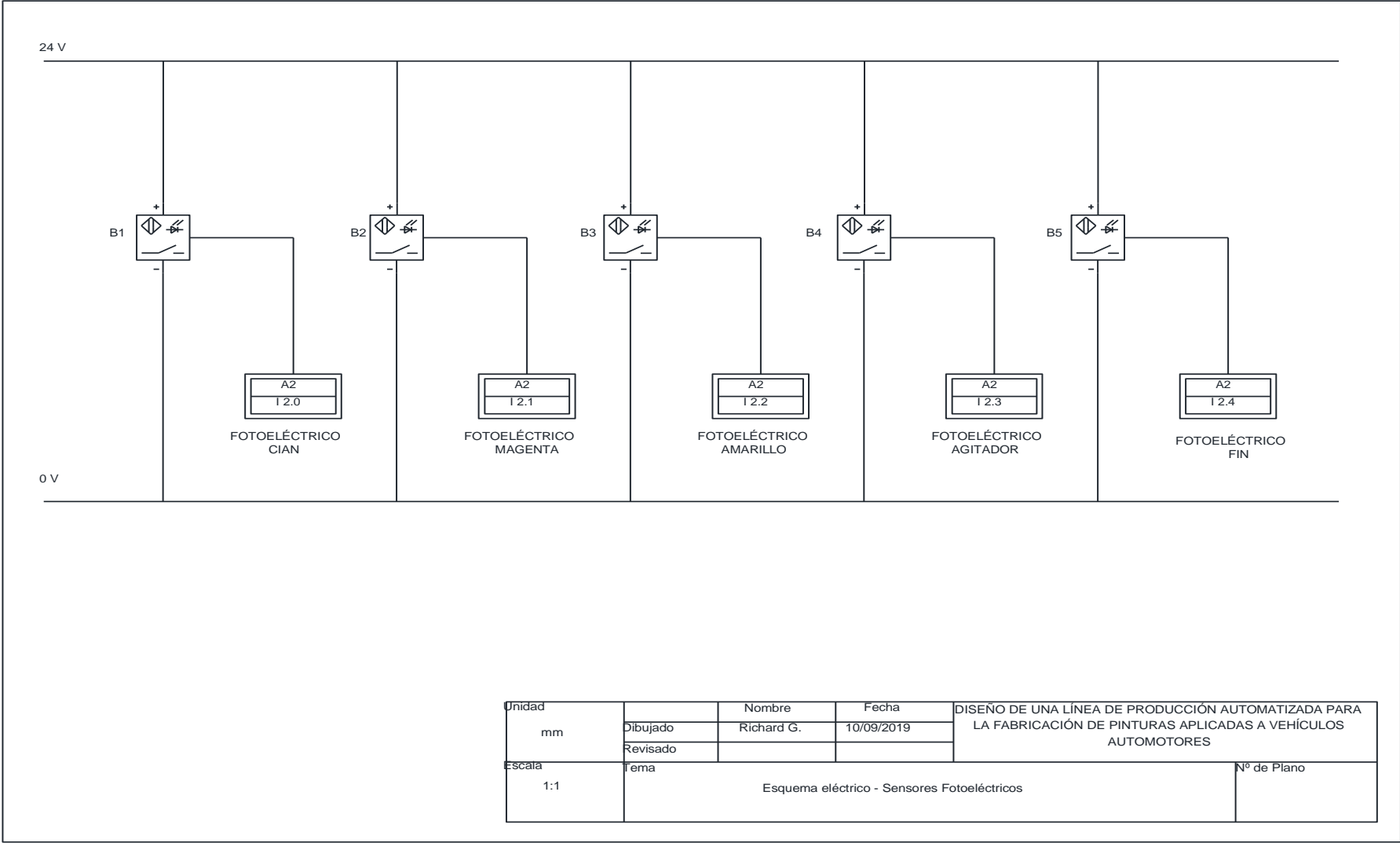
Unidades mm		Nombre	Fecha	DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCION AUTOMATIZADA PARA LA FABRICACION DE PINTURAS APLICADAS A VEHICULOS AUTOMOTORES
	Dibujado	Richard G.	10/09/19	
	Revisado			
Escala 1:1	Tema Banda transportadora			Nº de Plano 5

ANEXO G

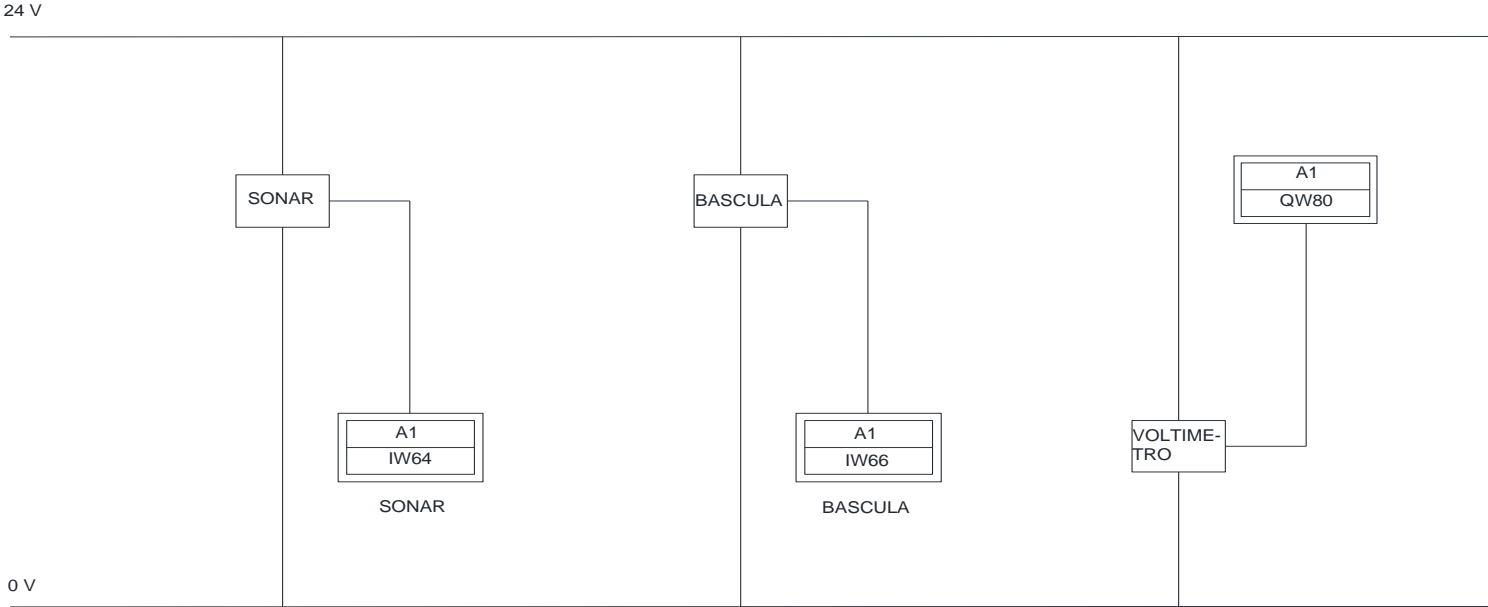


Unidad		Nombre	Fecha	DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADA PARA LA FABRICACIÓN DE PINTURAS APLICADAS A VEHÍCULOS AUTOMOTORES
mm	Dibujado	Richard G.	10/09/2019	
	Revisado			
Escala	Tema			Nº de Plano
1:1	Esquema eléctrico - Electroválvulas			

ANEXO H

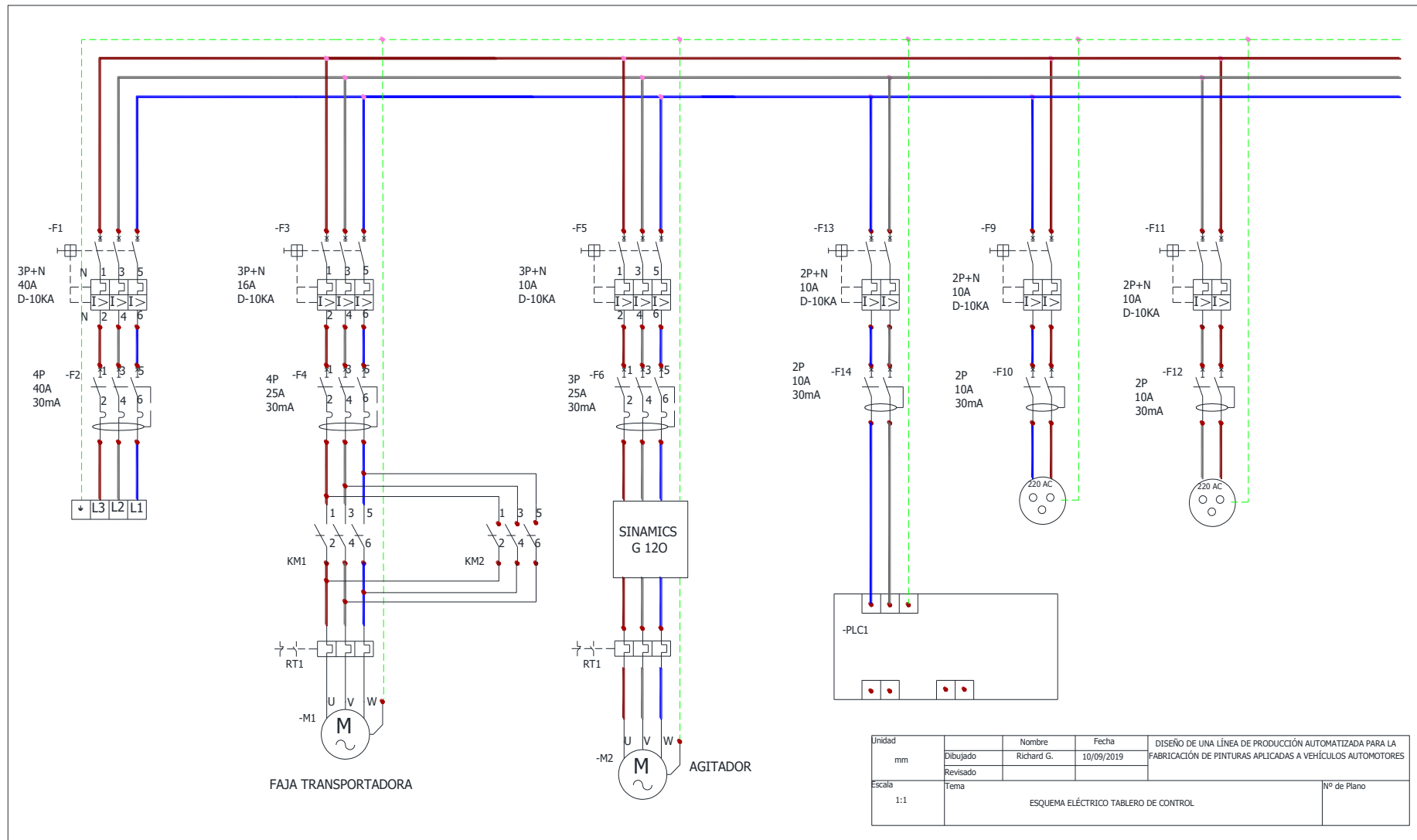


ANEXO I

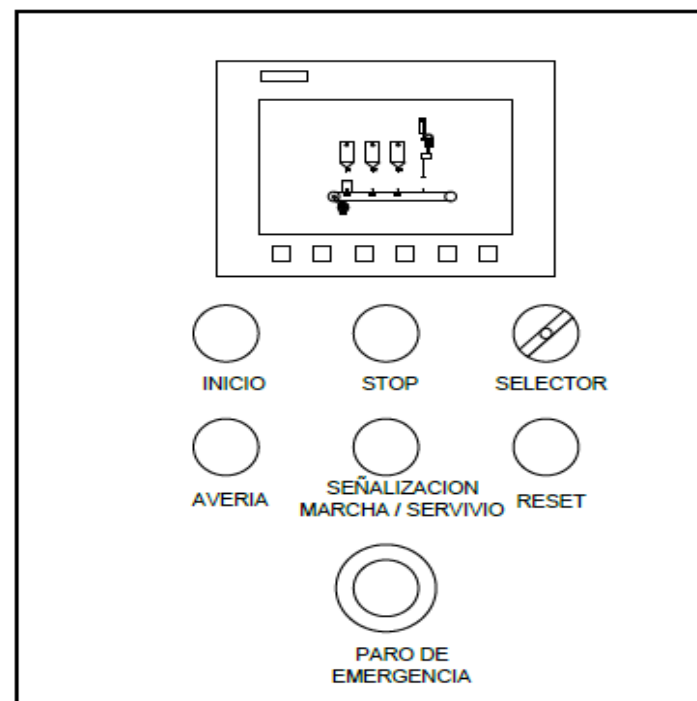
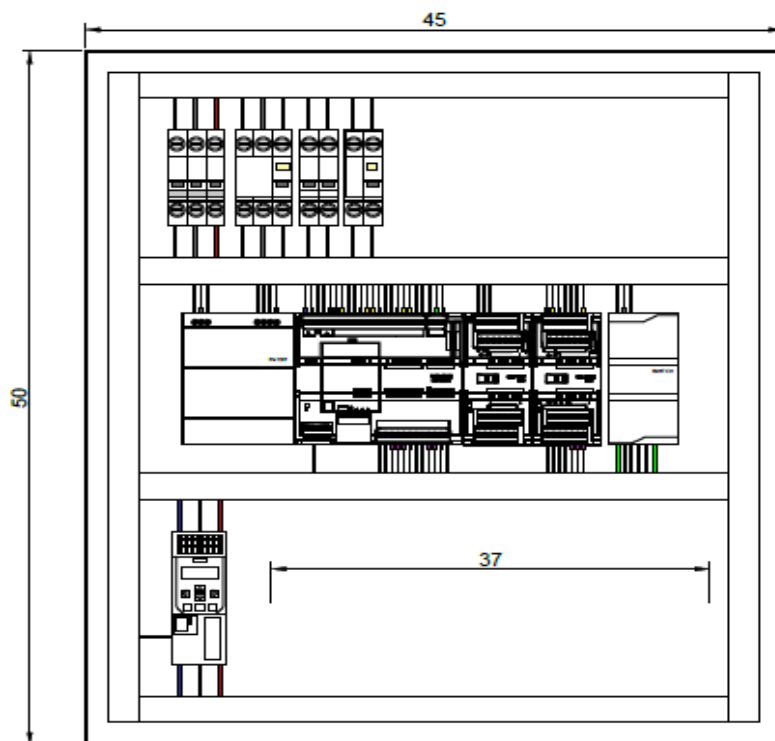


Unidad mm	Dibujado	Nombre	Fecha	DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADA PARA LA FABRICACIÓN DE PINTURAS APLICADAS A VEHÍCULOS AUTOMOTORES
	Revisado	Richard G.	10/09/2019	
Escala 1:1	Tema Esquema eléctrico - Dispositivos analógicos			Nº de Plano

ANEXO J

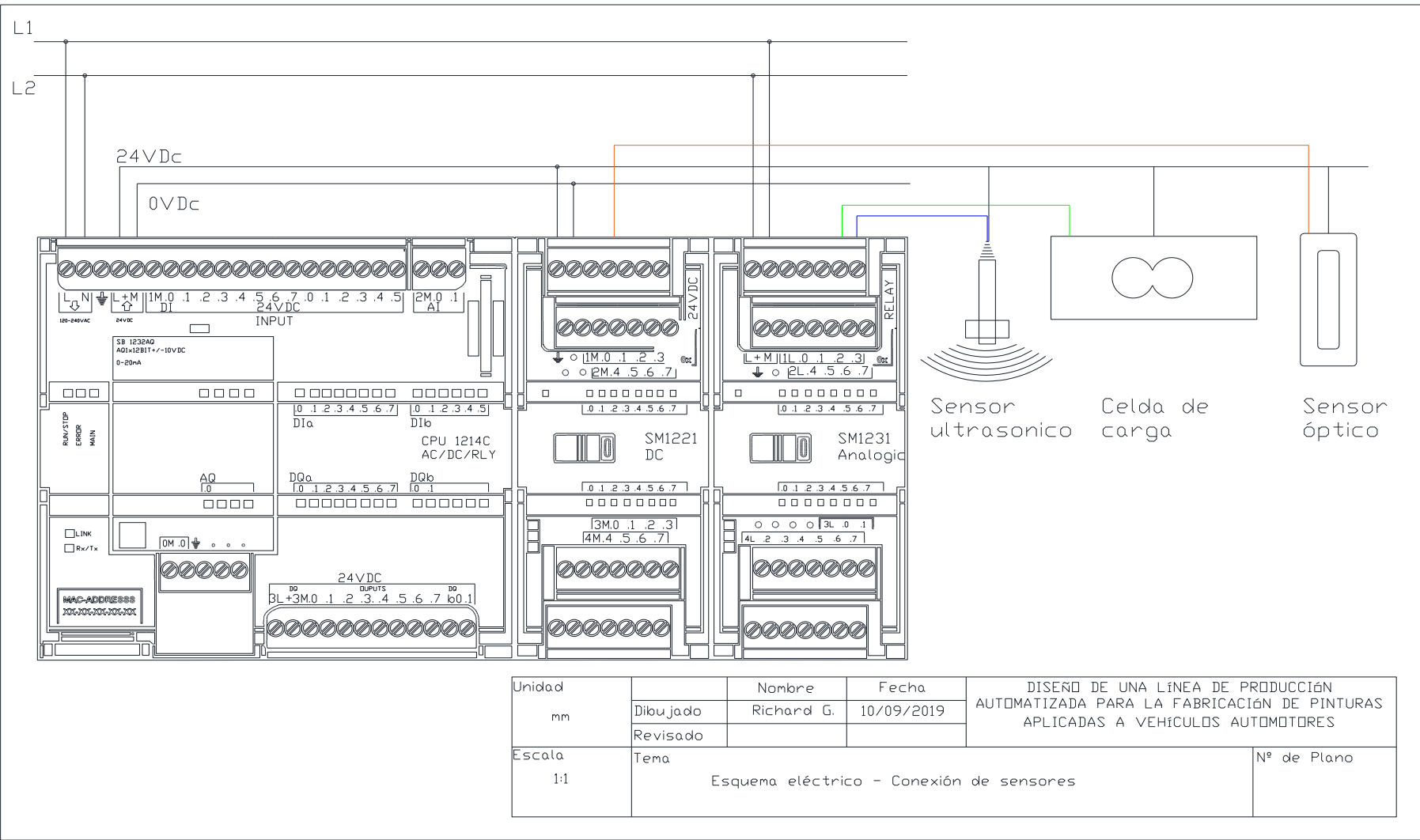


ANEXO K



Unidad		Nombre	Fecha	DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADA PARA LA FABRICACIÓN DE PINTURAS APLICADAS A VEHÍCULOS AUTOMOTORES
mm	Dibujado	Richard G.	10/09/2019	
	Revisado			
Escala	Tema			Nº de Plano
1:1	Esquema eléctrico - Tablero de control			

ANEXO L



ANEXO M

